

Jani Mara Martins

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE
INFORMAÇÃO PREDIAL UTILIZANDO
FOTOGRAMETRIA DIGITAL
À CURTA DISTÂNCIA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

**Florianópolis
2000**

IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO PREDIAL UTILIZANDO FOTOGRAMETRIA DIGITAL À CURTA DISTÂNCIA

Jani Mara Martins

**Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia
Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos
requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.**

Área de Concentração: Cadastro Técnico Multifinalitário

Orientador: Prof. Dr. Jürgen W. Philips

**Florianópolis
2000**

MARTINS, Jani Mara. **Implementação de um Sistema de Informação Predial Utilizando Fotogrametria Digital à Curta Distância.** Florianópolis, 2000. 120p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Prof. Dr. Jürgen Philips

Data defesa: 19/12/2000

Resumo da Dissertação

Aplicação da [Fotogrametria Digital à Curta Distância] voltada ao cadastramento de edificações e suas particularidades construtivas, divulgando técnicas de Sensoriamento Remoto e manipulação de imagens digitais, utilizadas na prática da engenharia, envolvendo tecnologia de última geração. A Fotogrametria à Curta Distância é utilizada, dentro do vasto campo de sua aplicação, também para o [cadastro] de edificações no solo urbano. Baseado neste contexto foi utilizado como área de estudo o novo prédio da Engenharia Civil, no Campus Universitário da UFSC, por ser uma edificação nova que não sofreu nenhum tipo de reparo construtivo. Foi feita a [restituição digital em 3D], detalhando-o em seus aspectos construtivos e a partir destas informações, gerado um [banco de dados] que poderá servir de suporte para alterações como reformas ou modificações. Para tanto, foi estudada a viabilidade técnica e prática de utilização da tecnologia proposta, sendo analisados: resolução das imagens, fidelidade do modelo espacial, quantidade de memória necessária em meio digital. Foi utilizada a câmara analógica e semi-métrica PENTAX-Pams 645, devidamente calibrada, o scanner de precisão Scai-Zeiss para filmes, os softwares Photomodeler, para a restituição das imagens digitalizadas e obtenção das [ortofotos] e o Microstation para associação das ortofotos ao banco de dados.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Dissertação defendida e aprovada em 19/12/2000,
pela comissão examinadora.

Prof. Dr.-Ing. Jürgen W. Philips – Orientador – Moderador

Prof. Dr. Carlos Loch - UFSC

Prof. Dr. Daniel Domingues Loriggio - UFSC

Prof. Dr. Luiz Fernando Gonçalves de Figueiredo - UFSC

Profª Dra. Sônia Afonso – UFSC

Profº Dr. Jucilei Cordini – Coordenador do CPGEC

Dedico este trabalho aos meus pais, Maria e Natalício, e ao meu filho Robson que, discreta e silenciosamente preocupados, acompanharam todas as etapas deste empreendimento.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível devido à generosa e cordial colaboração de algumas pessoas e instituições, com as quais gostaria de dividir os méritos dos resultados apresentados aqui. Especialmente:

Ao professor e orientador Dr. Jürgen W. Philips, pela sua orientação, cuja interferência se fez em momentos oportunos e decisivos.

Ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo indispensável suporte financeiro.

À Universidade Federal de Santa Catarina e ao Curso de Pós-Graduação, em especial ao Coordenador em exercício Prof. Dr. Jucilei Cordini, bem como à secretária do curso, Irizete Menezes e suas auxiliares pelo pronto atendimento.

Aos professores que fizeram parte do corpo docente do curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil que deram importante contribuição com os ensinamentos durante as aulas ministradas.

Aos professores Dr. Carlos Loch, Dr. Daniel Domingues Loriggio, Dr. Luiz Fernando Gonçalves de Figueiredo e Dra. Sônia Afonso, por terem cordialmente aceito o convite para integrarem a banca examinadora.

Ao Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, sob a atual coordenação do Prof. Dr. Jürgen Philips, pela estrutura de apoio em termos de pessoal técnico e equipamentos emprestados.

Aos colegas e bolsistas do Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Alexandre Hering Coelho, Carolina, Jaqueline, Michele, Dalton Luiz Lemos II pelo acompanhamento e importante auxílio na aquisição de dados para o desenvolvimento da dissertação.

Ao ETUSC, sob a coordenação do Sr Antônio Carlos pelo pronto fornecimento de cópias dos projetos do novo prédio da Engenharia Civil, e documentos auxiliares.

À empresa ITIS Informática Industrial Ltda., especialmente ao Sr. Marcelo Teixeira Moreira e Sr. Fábio, que contribuíram com informações técnicas, assessorando no desenvolvimento do trabalho gráfico.

Aos meus pais pelo apoio, confiança e preocupação dedicados durante todo o período acadêmico.

Às amigas, Eng^a Civil Marlene Salete Uberti e Arquiteta Yumi Goya, pelo companheirismo, por ser ouvidos em todos os momentos bons e ruins deste trabalho, tendo sempre uma palavra de conforto nas horas difíceis, bem como pelo importante auxílio prestado ao trabalho.

Aos colegas do curso de Pós-Graduação que, de uma forma ou de outra, sempre incentivaram e acreditaram na realização deste trabalho com êxito.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, participaram e contribuíram positivamente para a realização deste trabalho.

Acima de tudo, a Deus, por ter-me impulsionado e alimentado espiritualmente, não permitindo que desistisse desta caminhada.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	X
LISTA DE TABELAS.....	XIII
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	XIV
RESUMO.....	XV
ABSTRACT.....	XVI
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 JUSTIFICATIVAS.....	5
3 OBJETIVOS.....	8
3.1 Geral.....	8
3.2 Específicos.....	8
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	9
4.1 Fotogrametria.....	9
4.2 Divisão da Fotogrametria.....	9
4.3 Fotogrametria à Curta Distância.....	10
4.3.1 Aplicações da Fotogrametria à Curta Distância.....	11
4.4 Fotogrametria Digital.....	12
4.5 Imagens Digitais.....	13
4.5.1 Escanerização.....	13
4.5.2 Uso de Câmaras Digitais.....	14
4.6 Fotointerpretação.....	15
4.7 Cadastro Técnico Multifinalitário.....	16
4.7.1 Implantação.....	18
4.7.2 Atividades Cadastrais no Brasil.....	19
4.7.3 Atualização do Cadastro Técnico Multifinalitário Urbano.....	20
4.8 Avaliação do Espaço Urbano.....	21
4.9 Banco de Dados.....	23
4.9.1 Definindo Termos.....	24
5 ÁREA DE ESTUDO.....	26
5.1 Localização.....	26
5.2 Histórico.....	27
5.2.1 Criação do Curso de Engenharia Civil.....	28

<i>5.2.2 Construção do Pavilhão da Engenharia Civil.....</i>	<i>30</i>
<i>5.2.3 Construção de um Novo Prédio da Engenharia Civil.....</i>	<i>32</i>
<i>5.2.4 Construção do Atual Prédio da Engenharia Civil.....</i>	<i>33</i>
6 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS.....	36
6.1 Equipamentos de Campo e Equipe.....	36
<i>6.1.1 Câmara Fotográfica.....</i>	<i>36</i>
<i>6.1.2 Filme Fotográfico e Pilhas.....</i>	<i>38</i>
<i>6.1.3 Trena e Caderneta de Anotação.....</i>	<i>39</i>
6.2 Equipamentos de Escritório.....	40
<i>6.2.1 Scanner de Precisão SCAI.....</i>	<i>40</i>
<i>6.2.2 Diapositivos.....</i>	<i>43</i>
<i>6.2.3 Softwares Utilizados na Pesquisa.....</i>	<i>43</i>
7 MÉTODO UTILIZADO.....	44
7.1 Aquisição dos Dados.....	45
7.2 Calibração da Câmara.....	45
<i>7.2.1 Planejamento da Calibração.....</i>	<i>46</i>
<i>7.2.2 Tomada das Fotos.....</i>	<i>47</i>
<i>7.2.3 Digitalização e Compressão.....</i>	<i>49</i>
<i>7.2.4 Processamento da Calibração.....</i>	<i>50</i>
7.3 Processamento das Imagens do Prédio.....	55
<i>7.3.1 Planejamento da Tomada das Fotos.....</i>	<i>55</i>
<i>7.3.2 Tomada das Fotos.....</i>	<i>58</i>
<i>7.3.3 Digitalização e Compressão.....</i>	<i>58</i>
<i>7.3.4 Processamento das Imagens no Photomodeler.....</i>	<i>60</i>
<i>7.3.5 Tratamento Digital das Imagens Exportadas como Ortofotos.....</i>	<i>70</i>
<i>7.3.6 Elaboração do Modelo Vetorial do Prédio em 3d (AutoCAD).....</i>	<i>74</i>
<i>7.3.7 Sobreposição das Ortofotos no Modelo Vetorial (Microstation).....</i>	<i>76</i>
<i>7.3.8 Conexão dos Dados Tabulares aos Dados Gráficos em Meio Digital.....</i>	<i>79</i>
<i>7.3.8.1 Configuração do Administrador de Fonte de Dados – Microsoft Odbc.....</i>	<i>81</i>
<i>7.3.8.2 Configuração do Programa CAD – Microstation J.....</i>	<i>82</i>
<i>7.3.9 Simulações através de Consultas ao Banco de Dados (Microstation).....</i>	<i>84</i>
8 ANÁLISES.....	87
<i>8.1 Análise do Processamento Fotogramétrico.....</i>	<i>87</i>

8.2 Análise do Modelo Vetorial – Criação das Shapes.....	90
8.3 Análise do Banco de Dados e Conexão ao Modelo Gráfico.....	92
8.4 Viabilidade da Proposta.....	92
8.5 Detalhamento das informações.....	94
9 CONCLUSÕES.....	96
10 RECOMENDAÇÕES.....	98
10.1 Tomada das Fotografias.....	98
10.2 Armazenamento das Imagens.....	99
10.3 Pontos de Controle.....	99
10.4 Softwares e Equipamentos.....	100
10.5 Produto Final.....	100
11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
ANEXOS.....	106

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização do Campus Universitário.....	26
Figura 2 – Objeto de estudo situado no setor F do Campus Universitário.....	27
Figura 3 – Pavilhão da Engenharia Civil em fase de construção com início em 1970..	30
Figura 4 – Pavilhão da Engenharia concluído em 1973.....	31
Figura 5 – Vista da fachada sul do Bloco U, em fase final de construção (04/1999)	34
Figura 6 - Vista da fachada norte do Bloco U, em fase final de construção (04/1999)	34
Figura 7 – Câmera Pentax PAMS 645 utilizada para a aquisição das fotografias.....	37
Figura 8 – Caixa do filme Ektachrome 64.....	39
Figura 9 – Estação de trabalho (Workstation) Phodis.....	41
Figura 10 – Fluxograma da metodologia utilizada.....	44
Figura 11 – Caixa de diálogo do programa de calibração.....	46
Figura 12 – Locação dos pontos de controle.....	47
Figura 13 – Posições da câmara.....	49
Figura 14 – Medida no grid de calibração.....	49
Figura 15 – Importando o modelo de calibração.....	50
Figura 16 – Fotografias do modelo de calibração.....	51
Figura 17 – Pontos de controle sobre o modelo de calibração e marcas fiduciais.....	51
Figura 18 – Escala de calibração.....	52
Figura 19 – Estágios de calibração.....	53
Figura 20 – Processamento da calibração.....	53
Figura 21 – Resultados da calibração.....	54
Figura 22 – Croquis desenvolvido com as posições aproximadas da câmara.....	55
Figura 23 – Localizando um ponto no espaço por dois raios.....	57
Figura 24 – Fotografando um objeto com formato de caixa.....	57
Figura 25 – Fotografando uma face de um objeto.....	57
Figura 26 – Fotografando um nicho no objeto.....	58
Figura 27 – Esquema de localização dos projetos das fachadas.....	63
Figura 28 – Caixa de diálogo no Photomodeler apresentando novo projeto.....	63
Figura 29 – Caixa de diálogo no Photomodeler apresentando a importação das fotos.	64

Figura 30 – Fotografia aberta no novo projeto no Photomodeler.....	64
Figura 31 – Fotografias referenciadas entre si identificando as feições da edificação..	65
Figura 32 – Visualização tridimensional do modelo gerado no Photomodeler.....	66
Figura 33 – Aplicação de textura ao modelo tridimensional.....	67
Figura 34 – Identificação de escala e rotação ao modelo.....	68
Figura 35 – Ortofoto gerada e exportada pelo Photomodeler.....	69
Figura 36 – Imagem trabalhada no Adobe Photoshop para retirada de andaimes.....	70
Figura 37 - Esquema de localização dos projetos das fachadas.....	71
Figura 38 – PlanoII_norte.....	72
Figura 39 – PlanoI_norte.....	72
Figura 40 – PlanoV_norte.....	72
Figura 41 – PlanoIV_norte.....	72
Figura 42 – PlanoIII_norte.....	72
Figura 43 – PlanoVI_norte.....	72
Figura 44 – PlanoVII_norte.....	72
Figura 45 – PlanoII_sul.....	73
Figura 46 – PlanoI_sul.....	73
Figura 47 – PlanoIII_sul.....	73
Figura 48 – PlanoIV_sul.....	74
Figura 49 – PlanoV_sul.....	74
Figura 50 – Planta baixa do projeto arquitetônico apresentando a fachada principal..	75
Figura 51 – Modelo vetorial do prédio gerado no AutoCad.....	75
Figura 52 – Contorno dos planos das fachadas com <i>shapes</i> de cores diferentes.....	76
Figura 53 – Definição dos materiais para renderização com textura foto-realística.....	77
Figura 54 – Modelo 3D do prédio renderizado no MicroStation.....	78
Figura 55 – Criação de uma tabela dentro do banco de dados no programa Access.....	79
Figura 56 – Colunas de atributos que armazenam dados tabulares.....	81
Figura 57 – Criação de uma nova fonte de dados dentro do programa ODBC.....	82
Figura 58 – Catalogando tabela de dados no programa Microstation.....	83
Figura 59 – Carregando uma entidade ativa para conexão com entidade gráfica.....	83
Figura 60 - Visualização de um elemento e suas informações na janela SQL	85
Figura 61 - Visualização de um elemento e suas informações na janela SQL	86
Figura 62 - Ortofoto de um plano do prédio apresentando regiões em perspectiva.....	88

Figura 63 - Visualização de duas fotos abertas no Photomodeler para marcação.....	89
Figura 64 - Posicionamento da câmara em cada nicho (entre dois pilares).....	89
Figura 65 - Localização do plano das <i>shapes</i> no eixo central das paredes.....	90
Figura 66 - Visualização da entrada principal do prédio com a definição da <i>shape</i>	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação de proporcionalidade de distâncias horizontais e verticais.....	38
Tabela 2 – Dados técnicos da estação de trabalho Phodis SC.....	42
Tabela 3 – Projetos das fachadas do prédio desenvolvidos no Photomodeler.....	62
Tabela 4 – Identificação dos planos nas fachadas.....	71
Tabela 5 – Planos das fachadas com suas respectivas <i>shapes</i>	77

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

2D	- Bi-dimensional (x, y)
3 D	- Tridimensional (x, y, z)
ASPRS	- American Society for Photogrammetry and Remote Sensing
CNPq	- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CAD	- Computer Aided Design
CCD	- Charge Coupled Device
CCE	- Centro de Comunicação e Expressão
CEC	- Ciências da Estatística e da Computação
CFE	- Conselho Federal de Educação
CREA/SC	- Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de SC
CTC	- Centro Tecnológico
CUN	- Conselho Universitário
DOU	- Diário Oficial da União
ECV	- Engenharia Civil
EEI	- Escola de Engenharia Industrial
EEL	- Engenharia Elétrica
EIN	- Engenharia Industrial
EMC	- Engenharia Mecânica
ETUSC	- Escritório Técnico Administrativo
JPEG	- Joining Photographic Experts Groups
LCD	- Liquid Crystal Display
LED	- Light Emitting Diode
MEC	- Ministério da Educação e Cultura
NDTT	- Núcleo de Desenvolvimento Tecnológico de Transportes
SQL	- Structured Query Language
SIG	- Sistema de Informações Geográficas
TIFF	- Tagged-Image File Format

RESUMO

Este trabalho apresenta a aplicação da Fotogrametria à Curta Distância voltada à avaliação de edificações e suas particularidades construtivas, visando divulgar técnicas de Sensoriamento Remoto e manipulação de imagens digitais, utilizadas na prática da engenharia, envolvendo tecnologia de última geração. Para tanto, foi estudada a viabilidade técnica e prática de utilização da tecnologia proposta, sendo analisados fatores como resolução das imagens, fidelidade do modelo espacial, quantidade de memória necessária em meio digital.

Foi utilizado como área de estudo, o prédio novo da Engenharia Civil – bloco “U” localizado no Campus Universitário por ser uma edificação nova, e que não sofreu qualquer tipo de reparo construtivo. Desta forma, puderam-se obter informações construtivas iniciais, que serviram de base para gerar um banco de dados contendo informações que poderão ser utilizadas como suporte a alterações na edificação, em função de reformas ou modificações futuras.

O trabalho compreendeu a modelagem espacial com textura foto-realística da parte externa da edificação onde ficam situadas as instalações do Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, utilizando-se a restituição fotogramétrica digital com a obtenção de ortofotos das fachadas, e a construção de um banco de dados associado ao modelo digital em 3D restituído.

Para a realização deste trabalho foram utilizados: câmara analógica e semi-métrica PENTAX-Pams 645, devidamente calibrada; *scanner* de precisão Scai-Zeiss para filmes; *software* Photomodeler para a restituição das imagens digitalizadas e obtenção das ortofotos; *software* Microstation para associação das ortofotos ao banco de dados.

Palavras-chave: fotogrametria digital à curta distância, restituição digital, ortofotos, banco de dados.

ABSTRACT

This work aims to present the application of Close Range Photogrammetry for buildings and their architectural details. Remote Sensing was used to manipulate digital images, in the practice of advanced engineering. Furthermore, the technical and practical viability was utilized; analyzing the resolution of the images, fidelity of the space model, amount of necessary memory in the digital area.

The study area was the new building of Civil Engineering located inside of UFSC. It was chosen because it did not vary from the original project. This way, the original data information, that served as a base to generate a database containing information that would serve as support for alterations in the construction for future modifications.

Initially the map modeling was developed to obtain a 3D wire frame of the buildings and then their realistic images were matched. The digital photogrammetric stereoplotter in 3D building corresponded to “Laboratory of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoprocessing” at UFSC campus. The result was a 3D ortophotos facade and a generation of a digital database with this information.

To develop this work was used the analogical camera and semi-metric PENTAX-Pams 645, properly gauged, scanner Scai-Zeiss to digitize diapositives, software Photomodeler for stereoplotter digital images and software Microstation to link the images with the database.

Keywords: Close Range Digital Photogrammetry, Digital Restitution, Ortophotos, Database.

1. INTRODUÇÃO

Os campos de aplicação da Fotogrametria estendem-se em função do desenvolvimento e aperfeiçoamento de suas técnicas que permitem atualmente a restituição gráfica contínua, homogênea e objetiva de monumentos, objetos, espaços urbanos e sítios arqueológicos.

O avanço tecnológico da Fotogrametria tem trazido importantes subsídios para o campo da Engenharia Civil, seja na avaliação de detalhes de fachadas, deformações de estruturas, preservação de estilos arquitetônicos durante alguma restauração, podendo ser adaptada aos mais diversos tipos de levantamentos.

Em meados do século XIX, época em que houve um grande esforço para documentação dos monumentos históricos, era a técnica dos “levantamentos manuais” a única disponível para os levantamentos arquitetônicos. Ainda hoje permanece sendo a mais utilizada, mesmo com suas imprecisões. É reconhecido o valor dos trabalhos documentais realizados nesta época, apesar de que estes levantamentos preocupavam-se mais com o registro das formas e sua estética do que com a precisão e autenticidade.

Segundo BOLLA (1984), uma técnica que responde às necessidades apresentadas é a da Fotogrametria Arquitetural, que dá aos levantamentos arquitetônicos todo o rigor científico exigido hoje em dia, para os documentos sobre os quais se apoiarão as operações de conservação, restauração e proteção.

A utilização da Fotogrametria digital ainda é uma técnica nova e que não está totalmente explorada pelas diversas instituições públicas e privadas, uma vez que os estudos e aplicações da Fotogrametria digital são recentes.

No trabalho de conclusão de curso – TCC, defendido em 1997, para obtenção do grau de Engenheiro Civil na UFSC, a autora realizou um estudo onde foi feita a restituição fotogramétrica digital de uma edificação antiga, demonstrando a utilização de técnicas fotogramétricas para análise das variações das medidas sobre a edificação, confrontando-se

medições realizadas através do software de restituição espacial e medições obtidas através de uma Estação Total. O resultado obtido mostrou a pequena variação das medidas entre os dois métodos de medição, confirmando a perfeita aplicação da Fotogrametria.

Este trabalho de conclusão de curso teve como base projetos desenvolvidos através de um convênio bilateral Brasil-Alemanha, formado pelo Instituto de Fotogrametria da Universidade de Karlsruhe, sob a coordenação do Prof. Dr. Hans Peter Bähr e o Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento da Universidade Federal de Santa Catarina, sob a coordenação do Prof. Dr. Carlos Loch, para preservação do Patrimônio Histórico Cultural Brasileiro.

Igualmente, essa dissertação faz parte da linha de pesquisa do Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento – UFSC num projeto bilateral Brasil – Alemanha, intitulado “Documentação de Cidades Históricas Através de Fotogrametria Terrestre Baseada no Processamento Digital de Imagens – Uma Contribuição à Proteção de Bens Culturais”, tendo algumas teses e dissertações concluídas e outras em andamento.

Outros trabalhos foram desenvolvidos tendo a Fotogrametria como ferramenta principal, como se verifica em: WESTPHAL (1999), que desenvolveu um modelo espacial com textura foto-realística de uma área piloto do Centro Histórico do Município de São José – SC em ambiente VRML, simulando intervenções planejadas sobre esta área de acordo com o que prevê o Plano Diretor para a zona urbana em estudo, a partir de fotografias obtidas com câmara fotogramétrica analógica e digitalizadas em scanner de precisão; HECKMANN (1997), que utilizou fotografias obtidas com uma câmara digital para construir um modelo tridimensional do prédio do Hospital Universitário da Universidade Federal de Santa Catarina com auxílio do módulo Decartes, do software Microstation; RENUNCIO (2000), que desenvolveu um banco de dados cadastrais em ambiente VRML, associado a imagens digitalizadas em scanner de precisão, de fotografias obtidas com câmara fotogramétrica analógica de médio formato, da região em torno da Praça de Anita Garibaldi, no Centro Histórico de Laguna – SC; ERBA (1998), que utilizou imagens digitais obtidas de fotografias e visualizadas no *Software* IDRISI; LANDES (1998), que desenvolveu o modelo tridimensional do Campus da Universidade de Karlsruhe em ambiente VRML, a partir de imagens digitais obtidas, de fotografias, com câmara

fotogramétrica analógica de médio formato associado a um banco de informações; PHILIPS (1995) que apresentou o software PHIDIAS (Photogrammetric Interactive Digital Adjustment System), desenvolvido pela Universidade Técnica de Aachen – Alemanha. O Sistema Phidias é um restituidor fotogramétrico que realiza a restituição de edificações através de imagens digitais obtidas de fotografias convergentes, digitalizadas em scanner, que integra o processo de medição fotogramétrica dentro de um ambiente CAD. No Brasil, o primeiro objeto arquitetônico documentado por este sistema foi a Igreja de Bom Jesus do Matozinho em Congonhas – MG, mundialmente conhecido pelas esculturas dos doze apóstolos de Aleijadinho.

Da mesma forma, foi aproveitada a aplicação de estudos realizados em diversos projetos desenvolvidos no Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento nesta dissertação de mestrado, na qual se utilizou técnicas fotogramétricas como ferramenta para construção de um banco de informações prediais.

Foi utilizada a Fotogrametria Digital à Curta Distância como ferramenta essencial de auxílio ao desenvolvimento de um modelo tridimensional do prédio da Engenharia Civil. E com base nesse modelo foi criado um banco de dados contendo informações construtivas. Primeiramente foram obtidas as imagens do prédio em meio digital as quais foram processadas no *software* Photomodeler para obtenção das fachadas em ambiente 3D e depois exportadas como ortofotos para o *software* de tratamento de imagens, Adobe Photoshop 3.0. Nesse *software* as imagens foram ajustadas, sendo feita a união de duas ou mais ortofotos, de forma a compor mosaicos das fachadas do prédio. Com base nas imagens ajustadas foi criado o banco de dados, utilizando o aplicativo Access 97, contendo as informações da edificação. De posse destas duas etapas, utilizou-se o *software* Microstation J para efetuar o relacionamento das informações contidas no banco de dados com o modelo tridimensional do prédio.

A presente dissertação está estruturada em 10 capítulos, como segue:

- Capítulo 1 compreende a introdução do trabalho, apresentando uma visão geral do assunto;
- Capítulo 2, contendo a justificativa do trabalho evidenciando a sua importância;
- No capítulo 3 são apresentados os objetivos geral e específicos deste trabalho;

- No capítulo 4 está a revisão bibliográfica contendo assuntos relacionados com o tema da dissertação, como fotogrametria, banco de dados, planejamento, entre outros;
- Capítulo 5 refere-se à área de estudo, apresentando sua localização geográfica através de suas respectivas coordenadas e um breve histórico;
- No capítulo 6 estão listados os materiais e equipamentos utilizados para o desenvolvimento do trabalho, dos quais é feita uma descrição;
- No capítulo 7 está descrito o método utilizado para a realização do trabalho, apresentando todos os passos necessários para atingir os objetivos propostos inicialmente;
- O capítulo 8 contém as análises do trabalho, onde são discutidos os resultados obtidos.
- No capítulo 9 estão as conclusões do trabalho, fundamentadas a partir dos resultados obtidos;
- Capítulo 10 compreende a apresentação das dificuldades encontradas para a realização do trabalho e das recomendações sugeridas para o desenvolvimento de outros trabalhos. E o capítulo 11, finalmente, apresenta a relação de todas as referências bibliográficas citadas no decorrer do texto.

2. JUSTIFICATIVAS

A Fotogrametria à Curta Distância pode ser utilizada, entre outras coisas para o cadastramento de edificações no espaço urbano, seja para arrecadação ou planejamento. Dentro deste contexto, este trabalho apresenta a aplicação da Fotogrametria à Curta Distância voltada ao cadastramento de edificações e suas particularidades construtivas, visando divulgar técnicas fotogramétricas e fotográficas de manipulação de imagens digitais, utilizadas na prática da engenharia, envolvendo tecnologia de última geração. Para tanto, estudou-se a viabilidade técnica e prática de utilização da tecnologia proposta, sendo analisados fatores como resolução das imagens, fidelidade do modelo espacial, quantidade de memória necessária em meio digital.

A fotogrametria digital é uma técnica recente, e por esta razão, ainda pouco utilizada por instituições públicas e privadas. Uma das saídas para enfrentar esta questão é buscar apoio no Cadastro Técnico Multifinalitário, utilizando a fotogrametria digital como um recurso de rápido resultado para avaliação das condições de conservação de edificações, sejam elas antigas, como edificações tombadas pelo patrimônio histórico, ou edificações novas das quais se deseja resguardar suas características construtivas para serem usadas em uma etapa futura de reforma ou modificação como o novo prédio da ECV no Campus da UFSC, objeto de estudo da pesquisa.

Considerando a precária situação atual de conservação e documentação fotográfica dos diversos monumentos históricos que compõem o patrimônio histórico brasileiro e as ameaças constantes à sua integridade, este trabalho pretende contribuir para a reversão deste quadro através da construção de um banco de dados dinâmico. Com este banco de dados será possível fazer consultas a informações alfa-numéricas associadas simultaneamente a um banco de dados de imagens.

Através da utilização de uma câmara semi-métrica de médio formato, que tem definida sua orientação interna através da calibração, as fachadas planas dos prédios que fazem parte do patrimônio do Campus Universitário foram documentadas. A rapidez, confiabilidade e precisão com que os dados podem ser recuperados permitem avaliar as condições de conservação dos edifícios com eficiência de tempo e custos.

Um fator importante é a questão do baixo custo para utilização desta técnica, uma vez que a câmara fotogramétrica utilizada é de custo relativamente baixo comparando-se com as câmaras utilizadas para obtenção de fotografias aéreas. As câmaras de pequeno formato e câmara digital que, para o trabalho de obtenção de fotografias de fachadas planas, podem ser usadas com considerável aceitação, com relação à área de cobertura de cada foto, resolução espacial, entre outras, resguardam as suas particularidades com relação às vantagens umas sobre as outras.

A Fotogrametria Digital à Curta Distância pode ainda ter uma abordagem mais ampla considerando as várias áreas de atuação desta técnica. Destaca-se a avaliação de danos causados em grandes edificações como instituições públicas, estádios e prédios industriais, em decorrência do uso: a avaliação de recalques em edifícios causados por vários fatores como baixa capacidade de suporte do solo, presença de água no subsolo, acomodação do solo, etc.; na realização de perícias para verificação da edificação de acordo com cláusulas contratuais, e ainda permite avaliar a qualidade construtiva da edificação e em consequência a evolução das técnicas construtivas.

Aliado ao fato da técnica utilizada ser de custo relativamente baixo, deve-se levar em consideração que os prédios construídos dentro do Campus têm uma conformação arquitetural padronizada com relação aos centros de estudos. Isto minimiza gastos com a elaboração de novos projetos. Sendo assim, torna-se mais viável adotar projetos que contenham todos os registros agrupados em um único documento, resguardando as modificações em função do tipo de atividade desenvolvida no prédio.

E, tendo-se em mãos um banco de dados com informações construtivas, as alterações que se fizerem necessárias na edificação, para melhoria das instalações, como a ampliação da rede elétrica para comportar novos equipamentos em um determinado laboratório, podem ser monitoradas e atualizadas no conjunto de projetos que compõem o registro da edificação.

Somando-se ao fato de que a modelagem em 3D do novo prédio da Engenharia Civil agrega uma série de informações construtivas de interesse da equipe de planejamento da UFSC, recupera, entre outras coisas, um caráter de *marketing* ao Departamento de

Engenharia Civil, através do qual é possível divulgar e fornecer informações a cerca de suas instalações, localizando seus laboratórios e secretarias.

Por fim, este trabalho vem contribuir para o acesso a informações contidas em um banco de dados dinâmico da edificação, através do qual será possível fazer consultas a dados alfanuméricos associados simultaneamente a um banco de dados de imagens. Esta mesma metodologia poderá ser utilizada como alternativa à situação atual da conservação dos monumentos que compõe o patrimônio brasileiro e sua documentação fotográfica.

3. OBJETIVOS

3.1. Geral

Implementar um sistema de informações prediais de uma edificação, através do uso da Fotogrametria Digital à Curta Distância, e permitir o acesso às informações contidas em um banco de dados a partir das imagens do modelo tridimensional restituído com textura foto-realística.

3.2. Específicos

1. Integrar o sistema de processamento digital de imagens a uma base de dados do espaço e das estruturas arquitetônicas;
2. Gerar o modelo 3D da edificação com textura foto-realística utilizando o *software* Photomodeler;
3. Restituir os elementos arquitetônicos através da modelagem espacial, representando a realidade da edificação em meio digital;
4. Dar subsídios para atualização das informações do banco de dados e do arquivo de imagens digitais;
5. Avaliar possíveis erros na metodologia adotada, analisando as vantagens e/ou desvantagens do uso da fotogrametria digital à curta distância para implementação de banco de dados com informações prediais, em relação aos métodos tradicionais.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Fotogrametria

Segundo LOCH (1994), Fotogrametria pode ser definida como a “ciência e a tecnologia de obter informações seguras à cerca de objetos físicos e do meio, através de processos de registro, medição e interpretação de imagens fotográficas”.

Considerando a fotografia como uma fonte essencial de informações, nasceu a Fotogrametria, definida segundo TAVARES & FAGUNDES (1991), como a técnica ou a ciência aplicada que tem por finalidade determinar a forma, as dimensões e a posição dos objetos contidos numa fotografia, através de medidas efetuadas sobre a própria imagem fotográfica.

A Fotogrametria, acrescentam estes autores, é a técnica e a arte de extrair de fotografias métricas (fotografias obtidas de câmaras métricas as quais têm definida sua orientação interna através da calibração) a forma, as dimensões e a posição dos objetos nelas contidos. Essa definição baseia-se, unicamente, no caráter de medições, entretanto, a habilidade de interpretar uma fotografia, seja ela métrica ou não, é tão importante quanto medi-la.

4.2 Divisão da Fotogrametria

Segundo TAVARES *et ali* (1995), a Fotogrametria é compartimentada em categorias, de acordo com o tipo de fotografias usadas e com os objetivos do seu uso. De acordo com este autor, quando as fotografias são tomadas a partir de centros de estação situados na superfície do terreno, a modalidade empregada enquadra-se num compartimento denominado Fotogrametria Terrestre. Neste caso, se o eixo ótico da câmara utilizada é horizontal, a fotografia é denominada Fotografia Horizontal. As fotografias obtidas com câmaras montadas em aeronaves ou espaçonaves enquadram-se na categoria da Fotogrametria Aérea ou da Aerofotogrametria. Sendo o eixo ótico da câmara vertical, a fotografia resultante é denominada Fotografia Vertical.

4.3 Fotogrametria à Curta Distância

A Fotogrametria à Curta Distância é um dos ramos da ciência fotogramétrica. O termo “Fotogrametria à Curta Distância” apareceu recentemente, complementando o termo Fotogrametria Terrestre. A Fotogrametria Terrestre foi a ciência precursora, uma vez que, na época do seu aparecimento, em meados do século passado ainda não existiam aeronaves. Posteriormente, passou-se a fotografar de balões e aeroplanos, surgindo a Aerofotogrametria.

Segundo TOMASELLI (1983), a vantagem da Fotogrametria à Curta Distância é a possibilidade de determinar-se, “a priori”, os elementos de orientação exterior da câmara, reduzindo-se, e até eliminando, os pontos de apoio no espaço objeto. Salienta ainda que, a Fotogrametria à Curta Distância como método de medição, tem uma série de vantagens sobre as técnicas de levantamento clássico a trena:

- i. O objeto não é tocado durante a medição;
- ii. A aquisição rápida de grandes volumes de dados;
- iii. Os fotogramas armazenam grandes quantidades de informações semânticas e geométricas;
- iv. As fotografias são documentos legais, relativos à época de sua tomada;
- v. Podem ser medidos movimentos e deformações;
- vi. Os fotogramas podem ser medidos a qualquer momento que se desejar, a medição pode ser repetida várias vezes;
- vii. A precisão pode ser aumentada de acordo com as necessidades particulares de cada projeto;
- viii. Superfícies complicadas e movimentos podem ser facilmente determinados com a densidade desejada;
- ix. A estereoscopia é a base para o traçado dos contornos dos objetos.

Existem alguns obstáculos à sua aplicação generalizada Conforme este mesmo autor:

- i. O resultado da medição não estará disponível imediatamente, pois será gasto algum tempo com o processamento fotogramétrico dos dados e sua posterior análise;
- ii. Devem existir condições para que seja possível fotografar o objeto;

- iii. Erros durante o processo podem arruinar todo o projeto;
- iv. O equipamento utilizado é especializado e geralmente exige a presença de um profissional especializado, indispensável para que o trabalho apresente os resultados esperados;
- v. Nem sempre é possível dispor de instrumental e pessoal especializado.

4.3.1 Aplicações da Fotogrametria à Curta Distância

Segundo TOMASELLI (1983), atualmente, podemos enumerar uma série de aplicações:

- i. Levantamentos de fachadas de monumentos históricos, estátuas e edificações, para preservação, garantindo sua restauração e até mesmo reconstrução no caso de destruição;
- ii. Na indústria automobilística;
- iii. Reconstituição de acidentes de trânsito;
- iv. Levantamento de pormenores com o objetivo de estudar a geologia e a geomorfologia de uma região;
- v. Aplicações na medicina com o uso da fotogrametria e imagens de RAIO-X;
- vi. Controle de deslocamentos de estruturas de concreto;
- vii. Controle de encostas.

De acordo com este autor, as aplicações não estão restritas às mencionadas. Em qualquer problema que exija a medição precisa de objetos, a Fotogrametria à Curta Distância estará presente como solução possível.

Em relação à correção geométrica, com a utilização da Fotogrametria à Curta Distância obtém-se ortofotos das elevações (fachadas de edificações ou conjunto de edificações), o que pode ser obtido por uma retificação diferencial da imagem, porém requer conhecimento de modelagem em 3D das elevações. Assumindo a hipótese de que a fachada do edifício é plana, uma simples transformação geométrica do plano pode ser utilizada (BÄHR, 1996).

PALLASKE et ali (1992), desenvolveram uma solução especial para a documentação de fachadas, que consiste na produção de ortofotos através de retificação não paramétrica

(transformação de projeções, polinômio bivariável e interpolação multi-quadrática). Neste método a fachada é dividida em diferentes planos e sub-planos, que podem ser corrigidos independentemente, optando por diferentes funções de transformações. Dependendo da qualidade das imagens das superfícies, diferentes funções de experimentação podem ser escolhidas. A escolha da função de transformação apropriada deve ser variável para os planos parciais, dependendo da forma e da estrutura, da direção do eixo da câmara, da distribuição e posição dos pontos de controle e da precisão desejada.

4.4 Fotogrametria Digital

A Fotogrametria Digital, segundo HEIPKE (1995), é uma tecnologia de informação usada para gerar informações geométricas, radiométricas e de semântica sobre objetos no universo 3D (tridimensional) obtidas de imagens digitais 2D (planas) destes objetos.

Para STREILEIN (1994), existe uma grande demanda para cadastramento e documentação do patrimônio cultural. Ele salienta a importância de desenvolver rotinas de aquisição de imagens adaptadas às necessidades específicas de arquitetura, associadas a um banco de dados de sistemas de coordenadas tridimensionais CAAD (*Computer Aided Architectural Design*). Como a aquisição de dados na Fotogrametria geralmente se dá dentro de uma série de coordenadas tridimensionais, faz com que ela seja uma parceira natural dos sistemas CAD tridimensionais atuais.

Segundo WALDHÄUSL (in Bähr, 1992), a problemática está no grande número de conjuntos a serem documentados, que deve ser multiplicado por um fator 250 para atingir o objetivo em curto prazo e somente a Fotogrametria digital apresenta condições de atendimento.

De acordo com BÄHR (1992), estas condições exigem soluções objetivas de Fotogrametria, sendo que esta apresenta as vantagens de ser rápida, acurada, de fácil manuseio e economicamente viável. As questões tecnológicas têm evoluído rapidamente nesta área, pois se apóia amplamente na informática. O maior desafio está em possibilitar o uso desta tecnologia em países em desenvolvimento, visto não disporem de grandes recursos para investimentos neste setor, embora sejam os países que mais necessitem

destas soluções em função do acelerado e desordenado crescimento urbano e intensa especulação imobiliária a que estão sujeitos.

A Fotogrametria Arquitetural Digital no cadastramento do patrimônio histórico apresenta diversas vantagens, entre as quais são salientadas:

- i. Não haver a necessidade de tocar o objeto durante o processo de levantamento, não havendo prejuízo para a edificação;
- ii. Segurança para a equipe de trabalho, na medida em que não apresenta risco como subir em alturas ou aproximar-se de estruturas com risco de desabamento;
- iii. Rápido trabalho de campo, exigindo um mínimo de permanência com equipes pequenas.

4.5 Imagens digitais

4.5.1 Escanerização

O *scanner*, segundo TROCHA (1995), é um dispositivo eletrônico que, através do uso de sensores fotoelétricos detecta a radiância de cada pixel de uma imagem analógica e gera um arquivo binário.

Para BORON (1995), a Fotogrametria Digital pretende, com o processamento das fotografias métricas, gerar um arquivo em formato digital.

Os *scanners* que, são usados para gerar uma imagem digital com o propósito da Fotogrametria Digital devem ser evidenciados, principalmente, pelas seguintes características:

- i. Elevada resolução ótica (acima de 600 DPI, equivalente a 18 μm);
- ii. Limite do campo de varredura adequado às dimensões das fotografias;
- iii. Sistema de varredura com as células fotoelétricas para fotografias coloridas ou para fotografias em preto e branco;

- iv. Sistema de varredura com as células fotoelétricas para cópias de fotografias em emulsão fotográfica (diapositivos) ou em placas de vidro;
- v. Alta similaridade geométrica entre a imagem digital e a fotografia original.

A correspondência geométrica e radiométrica entre a imagem digital e o original fotográfico podem ser avaliadas pelas distorções atribuídas à imagem digital gerada pelo *scanner*. (SARJAKOSKI, 1992). FUCHS & RUWIEDEL (1992) mostram que as correções da imagem rasterizada (imagens geradas pela varredura de *scanners*), seja para a distorção geométrica seja para a distorção radiométrica, podem ser minimizadas se houver uma calibração para ambos os atributos do equipamento.

Considerando-se as características das fotografias convencionais, as imagens digitais guardam várias semelhanças e peculiaridades, mesmo que obtidas de formas e por equipamentos diferentes. Desta maneira, o estudo da aplicação de imagens fotográficas digitalizadas através de *scanners*, vem sendo realizado, enquanto a fotogrametria aguarda a chegada de câmaras CCD (Charge Coupled Device), operacional, disponível e de custo acessível (VILLELA, 1995).

AXELSSON et ali (1990) afirmam que o processamento de imagens digitais tem influenciado o desenvolvimento da fotogrametria. No lugar do uso de imagens fotográficas para processos de medidas fotogramétricas, fotografias digitalizadas ou outras imagens digitais são avaliadas.

4.5.2 Uso de Câmaras Digitais

As câmaras eletrônicas têm uma característica em comum com as câmaras de vídeo e os *scanners*: contém Charge Coupled Devices (CCD), chips com células foto-sensíveis que geram voltagem quando recebem luz. As câmaras eletrônicas combinam a ótica fotográfica com a tecnologia de imagem do computador, eliminando as despesas com filme, os produtos químicos e as demoras com revelação.

Avaliando a qualidade da imagem e a facilidade de uso de cada tipo de câmara digital, percebe-se que ainda há campo para aperfeiçoamentos em custo e qualidade de imagem. Outro fator por trás da qualidade da imagem é o tamanho do CCD. Cada uma das células

fotossensíveis do CCD corresponde a um pixel na imagem final. Quanto mais células o CCD fornece, maior é a resolução potencial da imagem e maior o tamanho em que ela pode ser dimensionada sem distorção.

O CCD de uma câmara digital e seus circuitos de suporte são projetados a partir do zero para fornecer um resultado digital. Como o CCD não requer os elementos adicionais necessários ao entrelaçamento, suas células sensíveis à luz podem ser maiores e mais próximas umas das outras

Os argumentos mais interessantes a favor das câmaras eletrônicas atuais não estão centrados na qualidade da imagem, mas em prazo e praticidade. Com uma câmara sem filme, pode-se ver uma imagem em instantes, às vezes segundos após capturá-la. A grande vantagem é exatamente eliminar o longo processo de tirar uma foto, levar para revelação, digitalizar o filme e burilar a imagem na tela para obter uma versão digital de alta qualidade.

4.6 Fotointerpretação

Segundo LOCH (1989), a fotointerpretação é definida pela Sociedade Americana de Fotogrametria como o ato de examinar e identificar objetos ou situações em fotografias aéreas e outros sensores, determinando o seu significado.

A fotointerpretação depende de alguns aspectos identificáveis durante o processo de interpretação de imagens, tais como:

- i. Visibilidade do objeto, ou ainda, qualidade do objeto de se fazer visível, que é função de certas características próprias do objeto, do tipo, da escala e qualidade das fotografias, qualidade do estereoscópio, ou equipamento e qualidade da capacidade de visão estereoscópica do intérprete;
- ii. Utilização de chaves de interpretação, ou seja, de foto-exemplos, onde parte-se de um “objeto” conhecido preliminarmente e com características definidas e extrapolam-se essas características para as demais fotos a serem interpretadas. O

intérprete adquire as chaves para a interpretação através de estudos aprofundados sobre o sensor em questão ou utilizando-se de pesquisas já desenvolvidas.

Segundo ANDERSON (1982), a maioria dos trabalhos de fotointerpretação segue os estágios (fases): detecção; reconhecimento e identificação; análise e delineação; dedução; classificação; idealização.

LOCH (1989) afirma que as características mais importantes e que devem ser observadas em imagens fotográficas na interpretação de áreas urbanas, para o fotointérprete, são as seguintes: tonalidade, forma, densidade, padrão, textura, tamanho, sombra, posição geográfica e adjacências.

Segundo NOVO (1989), quando observamos um objeto, procedemos imediatamente a uma interpretação. Esta interpretação é sugerida ao nosso cérebro através da análise das características observadas no objeto. O olho humano é um sensor sofisticado conectado a uma central de processamento de informações de elevada competência: o cérebro.

Com fotointerpretação somente se encontra aquilo que, em princípio, se está procurando. Por exemplo, o geólogo encontrará estruturas geológicas e diferentes tipos de rochas na mesma foto imagem em que um engenheiro descobrirá diferentes tipos de construções, pontes, estradas. Da mesma maneira que o arquiteto poderá descobrir as tendências de crescimento de uma cidade, as áreas de preservação, a estrutura urbana e, até, os principais estilos arquitetônicos adotados. Em todos os casos, um bom treinamento em técnicas de fotointerpretação é importante. Quando uma pessoa se aperfeiçoa nas técnicas de interpretação, o fator decisivo da sua habilidade de fazer uma boa interpretação para um objetivo específico é o seu nível de conhecimento, tanto genérico quanto especializado, na área de sua formação profissional. (SOUZA, 1996)

4.7 Cadastro Técnico Multifinalitário

Segundo MELO (1985), pode-se entender cadastro como um conjunto de conhecimentos registrados de uma determinada realidade, dispostos de forma organizada e estabelecidos para um determinado fim.

LOCH *et ali* (1984) definem cadastro como um sistema de registro de uma área de interesse, o qual deve ser descritivo, padronizado, devendo ter uma base cartográfica bem definida.

De acordo com BLACHUT (1974), Cadastro Técnico Multifinalitário deve ser entendido como um sistema de registro da propriedade imobiliária, feito de forma geométrica e descritiva, constituindo-se, desta forma, o veículo mais ágil e completo para a parametrização dos modelos explorados de planejamento, sempre respaldados quanto à estruturação e funcionalidade. É imprescindível que as informações sejam posicionadas espacialmente sobre a superfície terrestre global da área de interesse.

Conforme BARWINSKI (1991), a necessidade de dados quanto à ocupação da superfície da terra é estabelecida pela demanda de atividades humanas e seus impactos sobre o meio ambiente. Para tanto, sugere que se estabeleça um sistema de cadastro técnico que inclua todos os tipos de mapeamento que representem as características ocupacionais do espaço físico, a avaliação da terra diante das atividades humanas, o desenvolvimento industrial, as facilidades ou dificuldades para a expansão de construções, e a avaliação dos sistemas de transportes visando o desenvolvimento econômico do homem.

De acordo com LOCH e KIRCHNER (1989), as imagens orbitais e as fotografias aéreas não são concorrentes nos trabalhos de mapeamento cadastral, mas sim complementares. As fotografias aéreas convencionais se prestam com eficiência à execução dos mapas temáticos do cadastro técnico nas escalas 1/5000 ou 1/10000, escalas típicas dos mapeamentos cadastrais rurais executados no Brasil. As imagens orbitais se prestam com eficiência na atualização dos mapas cadastrais, pois a atualização cadastral através de vãos fotogramétricos anuais é economicamente inviável.

Segundo RUTHKOWSKI (1987), o cadastro é um conjunto de informações que permite a qualquer pessoa, órgão ou empresa conhecerem a realidade de um imóvel tanto de suas características geométricas (dimensões, superfície, localização), como também ao uso deste mesmo imóvel.

“O Cadastro Técnico Multifinalitário é fundamentado em diversos mapas temáticos entre eles a estrutura fundiária, o uso do solo, declividade, etc., e permite que o técnico tenha

uma visão clara do que existe em cada propriedade, o que se pode produzir, e opções de produção.” (LOCH, 1990).

Conforme MELO (1985), o Cadastro Técnico Multifinalitário é a ferramenta ideal para o planejamento por conter informações setoriais sobre temas específicos, os quais são interrelacionados, de modo que um dado só tem significado se estiver posicionado em relação à superfície terrestre global do país ou região. (LOCH, 1989).

LOCH (1989) afirma ainda que o cadastro é importante no controle ambiental porque, por ser multifinalitário, precisa estar fundamentado em várias áreas técnicas e analisadas de forma integrada. E para sua concretização deve ter o respaldo da legislação pertinente ao uso e ocupação do solo. O autor enumera os seguintes tipos de cadastros setoriais: cadastro legal, cadastro fiscal, cadastro ambiental, cadastro geológico, cadastro de uso do solo, cadastro de transportes e cadastro da cobertura florestal.

Conforme BLACHUT (1974), é muito difícil administrar um país e progredir economicamente sem o conhecimento rigoroso dos fatores que envolvem o uso da terra, a propriedade, as condições do homem na terra e sua atividade, além do ambiente em si. Para isso, o autor recomenda que o cadastro técnico multifinalitário seja feito com um planejamento executado por uma equipe de vários técnicos, de várias áreas afins, de tal forma que possa atender ao maior número possível de usuários.

Segundo LOCH (1989), Cadastro Técnico Urbano compreende o conjunto de informações descritas sobre a propriedade imobiliária (pública ou privada) dentro do perímetro urbano de um município apoiado sempre no sistema cartográfico, que é a base para a representação dos dados de múltiplas finalidades.

4.7.1 Implantação

Segundo BÄHR (1982), o sistema cadastral deve ser entendido como o sistema de registros de dados que caracterizam uma determinada área de interesse. Esses registros são feitos de forma descritiva e sempre apoiados em uma base cartográfica. Portanto, a implantação de um sistema cadastral deve visar o fornecimento de informações tais como: a localização

geográfica dos imóveis, a finalidade a que se destinam, a situação dos mesmos quanto à titulação, etc.

Segundo o mesmo autor, os requisitos básicos para a implantação de um sistema cadastral ideal são:

- i. O cadastro deve ser completo: no caso do cadastro urbano, deve abranger todo o perímetro urbano e com o maior número de informações possível, num curto espaço de tempo;
- ii. O cadastro deve ser ligado ou integrado ao mapeamento sistemático nacional: só assim possibilita a avaliação municipal num contexto regional ou global, permitindo melhores ações de planejamento;
- iii. O cadastro deve servir para múltiplas finalidades: quanto maior o número de informações, maior o número de benefícios gerados;
- iv. O cadastro deve ser atualizado constantemente: desta forma, pode-se confiar, sem restrições, nas informações extraídas do mesmo.

LOCH (1989) define como finalidades do cadastro urbano as seguintes atividades:

- i. Coletar informações descritas;
- ii. Manter atualizado o sistema conjunto de informações de cada propriedade imobiliária;
- iii. Manter atualizado o sistema cartográfico, com sua malha de pontos conhecidos do terreno;
- iv. Deixar à disposição do usuário a ter acesso público as informações.

4.7.2 Atividades Cadastrais no Brasil

O cadastro no Brasil teve início nos tempos do Império como ferramenta para controle dos negócios de mineração. Baseava-se no conceito de que o cadastro é um rol de bens ou coisas que pertencem a alguém. Somente por intermédio da Constituição Federal de 1946, o termo cadastro foi relacionado com o registro de terras. A Constituição de 1946 definiu e assegurou aos municípios brasileiros a autonomia para a decretação de impostos e, desta forma, começaram a surgir os primeiros cadastros com fins fiscais, objetivando cobrar impostos prediais e territoriais urbanos (SILVA, 1989).

O conceito de cadastro técnico surgiu no início da década de 70, através do Serviço Federal de Habitação e Urbanismo (SERFHAU), superando o simples objetivo de arrecadação de impostos.

Atualmente no Brasil, poucos municípios dispõem de um cadastro técnico com dados confiáveis e com a base cartográfica atualizada. Dessa forma, torna-se inviável fazer um planejamento urbano, adequando à realidade de cada município.

4.7.3 Atualização do Cadastro Técnico Multifinalitário Urbano

A deficiência na atualização do mapeamento e as alterações rápidas que ocorrem no meio urbano, fazem com que haja a necessidade de se verificar periodicamente as condições em que se encontram os terrenos. As mudanças ocorrem principalmente em loteamentos implantados, lotes desmembrados, novas edificações, mudanças no sistema viário e outras alterações que tornam o Cadastro Imobiliário deficiente.

O monitoramento do uso do solo é imprescindível para a existência de um mapeamento sistemático e preciso geometricamente, e é necessária uma escolha adequada do sensor e das vantagens e limitações que cada um oferece.

A necessidade de se fazer uso das técnicas rápidas e de confiabilidade para atualização cadastral faz com que o sensoriamento remoto se coloque em vantagem em relação aos outros métodos, pois, segundo LOCH (1989), em área urbana e rural, bem como suas mudanças, (base de conhecimento para legisladores, planejadores e funcionários dos governos estaduais e locais), esta técnica permite que se realize uma melhor política de uso da terra, projetar necessidades de infra-estrutura e serviços públicos, além de implantar planos efetivos de desenvolvimento regional.

De acordo com BÄHR (1989), a permanente modificação dos dados exige que as informações tenham um sistema de comunicação bem organizado. As informações cadastrais necessitam de uma administração efetiva e imparcial, com capacidade para atualizar tais informações, de forma constante e contínua. Para que isto ocorra de forma eficiente, duas atividades devem ser implementadas: a operacional e a inspeção periódica. No sistema operacional procura-se agilizar todas as possibilidades para atualização diária

das informações. Por outro lado, a inspeção periódica permitirá detectar as mudanças físicas que ocorreram e que não foram detectadas no controle do sistema operacional.

O cadastro técnico implantado corretamente e devidamente atualizado permite a economia e o planejamento na aplicação dos recursos, como também orienta no planejamento e tomada de decisões no implemento de políticas e diretrizes para o desenvolvimento. Ressalta-se que os critérios para estabelecer um planejamento eficiente e eficaz deverão ser predominantemente técnicos e não políticos, que satisfaçam interesses de apenas um segmento da sociedade, sob pena de comprometer qualquer plano de desenvolvimento. (SILVA JR. & DIAS, 1995)

4.8 Avaliação do Espaço Urbano

Segundo AMORIM (1993), a expansão urbana é um elemento importante a ser estudado para a execução do planejamento regional e urbano, uma vez que ela mostra as tendências ocupacionais nas áreas passíveis de expansão. Com o auxílio de séries históricas das imagens aéreas é possível aos planejadores, antecipadamente, observarem para onde está caminhando a expansão urbana.

Segundo BLACHUT et ali (1979), a possibilidade do uso da Fotogrametria convencional no estabelecimento de um sistema cadastral urbano, depende do tipo de cadastro a ser estabelecido, a precisão requerida, das características físicas da cidade (dificuldade de levantamentos terrestres e visibilidade através das fotos aéreas, dos detalhes planimétricos), e dos recursos disponíveis, incluindo qualificação profissional.

Segundo VIDOR (1992), os processos de planejamento das cidades brasileiras são relativamente recentes. Com exceção dos desenhos de algumas cidades como Belo Horizonte, Teresina, Goiânia e Londrina, o novo método para desenho e planejamento das cidades entrou no Brasil com o projeto de Brasília. Antes da década de 50, desenhava-se o plano da cidade sem considerar variáveis importantes no processo de crescimento, como a demografia e seus condicionantes sociais. O desenvolvimento do capital nas relações produto x trabalho x salário, transporte e a própria reprodução do sistema, assim como a questão fundiária eram muito pouco considerados, como fatores importantes na dinâmica espacial das cidades.

As cidades brasileiras, discorre este mesmo autor, sofrem hoje de maneira generalizada, de problemas idênticos, tenham ou não planos diretores. Isto é devida, fundamentalmente, a pouca importância governamental que se atribui ao desenvolvimento do espaço e das estruturas urbanas. Os planos governamentais deram sempre prioridade ao desenvolvimento do capital, principalmente no que se concerne a produção em si, desprezando outras relações e colocando o desenvolvimento urbano como uma questão a ser resolvida depois. A essência do modelo de plano diretor - instrumento meio para o planejamento urbano - é oriunda dos países europeus, sendo França e Inglaterra os melhores fornecedores. Estes dois países têm tradição secular na matéria, dispõem de um acervo teórico/prático invejável que serve de fonte de sabedoria para técnicos e estudiosos brasileiros.

Ainda conforme VIDOR (1992), o procedimento de elaboração do plano, segue quase sempre um mesmo roteiro, ou seja: elaboram-se os mapas a partir do levantamento aéreo quando existe, recolhem-se os dados para análise do diagnóstico, e enfatiza-se os problemas mais evidentes. A partir de eixos viários, ou secundários, elaboram-se gráficos, projeções estatísticas e, finalmente, o estudo preliminar sobre as leis do plano.

Segundo este mesmo autor, a documentação legal que assegura juridicamente a implantação de todos os dispositivos do plano por parte da administração municipal se constitui de várias leis, mas geralmente seis delas implementam o plano básico:

- i. A lei que institui o plano determina os objetivos e diretrizes básicas, as normas gerais sobre o uso do solo, o parcelamento da terra, as edificações, o sistema viário, os serviços e equipamentos de uso coletivo, a preservação histórica e ambiental, e disposições gerais;
- ii. A lei que institui o código do zoneamento e de uso do solo, o zoneamento urbano em suas várias modalidades - residencial, comercial, industrial, especial, de lazer, etc., a ocupação dos terrenos em função da geografia, os usos tolerados e proibidos, as áreas públicas de estacionamento, de preservação ambiental, dos usos incentivados, etc.;
- iii. A lei que institui o código de parcelamento da terra, dispondo sobre arruamentos e loteamento, geralmente seguido de tabelas e gráficos, exemplificando as formas de uso;

- iv. A lei que institui o código de edificações, ou seja, os dispositivos que regulam as várias maneiras para construir, as várias modalidades de espaço, assim com alturas, ventilação, iluminação, dispositivos de segurança contra incêndio, etc.;
- v. A lei que determina as posturas públicas e, finalmente,
- vi. A lei que pune o descumprimento das leis.

De acordo com VIDOR (1992), quase todas as técnicas de planejamento (Estatual, Regional e Municipal) adotadas no Brasil são copiadas ou adaptadas de matriz européia ou americana. O planejamento urbano é uma adequação destas matrizes. Estes modelos são, comprovadamente, competentes nas suas matrizes, seja do ponto de vista técnico, administrativo ou político e, pode-se dizer, funcionam razoavelmente no Brasil do ponto de vista técnico.

Segundo o autor, estas adequações não funcionam no Brasil no que se refere ao lado político-administrativo: a razão fundamental para a inadequabilidade consiste na folclórica descontinuidade político-administrativa de cada governo. A cada mudança de chefe na administração pública, mudam-se todas as regras anteriormente estabelecidas. Isto tem acontecido sem nenhuma exceção, desde o gabinete da Presidência da República até à pequenina prefeitura do interior do Brasil.

4.9 Banco de Dados

Segundo CHISTÉ (1996), um banco de dados eficiente e preciso deve ser permanentemente atualizado de maneira a fornecer aos administradores uma confiabilidade e rapidez ao acesso de informações, sendo constituído de dois tipos:

- i. Gráficos – Este banco de dados é considerado o mais importante no que se refere ao trabalho desenvolvido, pois permite uma visualização imediata da situação física da área, desde a disposição física até a localização das redes de infraestrutura;
- ii. Alfanuméricos – Este tipo de banco de dados é mais importante quando se trata dos serviços de infraestrutura das cidades, onde é necessário ter informações lote a lote para arrecadação de impostos.

Segundo MERCADO-GARDNER (1995), o termo *banco de dados* é um jargão da computação que designa uma coleção de informações. É essencial que essa coleção seja organizada e apresentada para servir a uma finalidade específica.

Um banco de dados, de acordo com este mesmo autor, é a ferramenta mais efetiva para a recuperação e para a organização de informações. É, principalmente, um organizador de dados que usa tabelas. Uma tabela é criada para cada grupo de dados relacionados. Para criar tabelas de bancos de dados, é necessária uma análise inicial dos dados. A esse respeito, o trabalho com bancos de dados exige que sejam tomadas decisões sobre como e onde uma parte dos dados será armazenada. Esse esforço em particular é chamado de projeto do banco de dados e é executado antes que os dados sejam realmente armazenados no banco de dados.

Afirma ainda este autor que a vantagem de escolher um banco de dados, em vez de uma planilha, baseia-se na quantidade de dados a serem manipulados. Quanto maior o volume dos dados, menos efetiva é a planilha. A estrutura de tabelas dos bancos de dados fornece mais flexibilidade nas alterações de como os dados são usados. Outro recurso inerente dos bancos de dados que não é encontrado nas planilhas, é a sua capacidade de verificar se os dados estão corretos, de acordo com uma faixa aceitável de valores ou a partir de outra parte dos dados.

Várias características dos bancos de dados se tornam evidentes, segundo MERCADO-GARDNER (1995):

- i. Um banco de dados é uma coleção;
- ii. Um banco de dados usa um padrão de organização consistente;
- iii. Um banco de dados fornece respostas às perguntas sobre informações previamente selecionadas.

4.9.1 Definindo Termos

Para a estruturação de um banco de dados, segundo MERCADO-GARDNER (1995), é necessário que se conheça alguns dos termos básicos utilizados:

- a) Dados - Os dados são a menor parte da informação que tem um valor significativo. Os pedaços dos dados são combinados para compor as informações. O processo de combinação pode ser feito com cálculos, plotagem, ou mesclando os dados com outros dados. Como resultado deste processo de combinação, os dados são transformados em informações e gerados.
- b) Campo – Um campo é um local para guardar os dados dentro de um banco de dados
- c) Registro – Um registro é uma coleção de campos. Dentro do registro, cada campo pode ter somente um tipo de dado. Os tipos de dados podem ser o *numérico* e o *alfanumérico*.
- d) Tabela – Uma tabela é um grupo de registros que pertencem a determinado assunto. Uma tabela contém linhas e colunas. Cada linha corresponde a um registro e cada coluna representa os campos do registro.
- e) Sistema de gerenciamento de banco de dados (SGBD) – É a reunião de um banco de dados e o seu conjunto de ferramentas utilizadas para acrescentar, atualizar e apagar dados. Para se chegar até os dados são necessárias as ferramentas, para fazer perguntas sobre os dados, para obter relatórios dos dados.
- f) Banco de dados relacional – O termo relacional implica um relacionamento entre as tabelas. Esse relacionamento fornece a base para a manipulação de dados. As consultas fornecem os meios para vincular e organizar as tabelas relacionadas. Em banco de dados relacionais, é importante saber qual o tipo de relacionamento que existe entre as tabelas. Existem três tipos de relacionamento: *um-para-um*, *um-para-vários* e *vários-para-vários*.

5 ÁREA DE ESTUDO

5.1 Localização

A área de estudo escolhida situa-se no Campus Universitário - Bairro Trindade, pertencente ao município de Florianópolis, capital de Santa Catarina (figura 1).

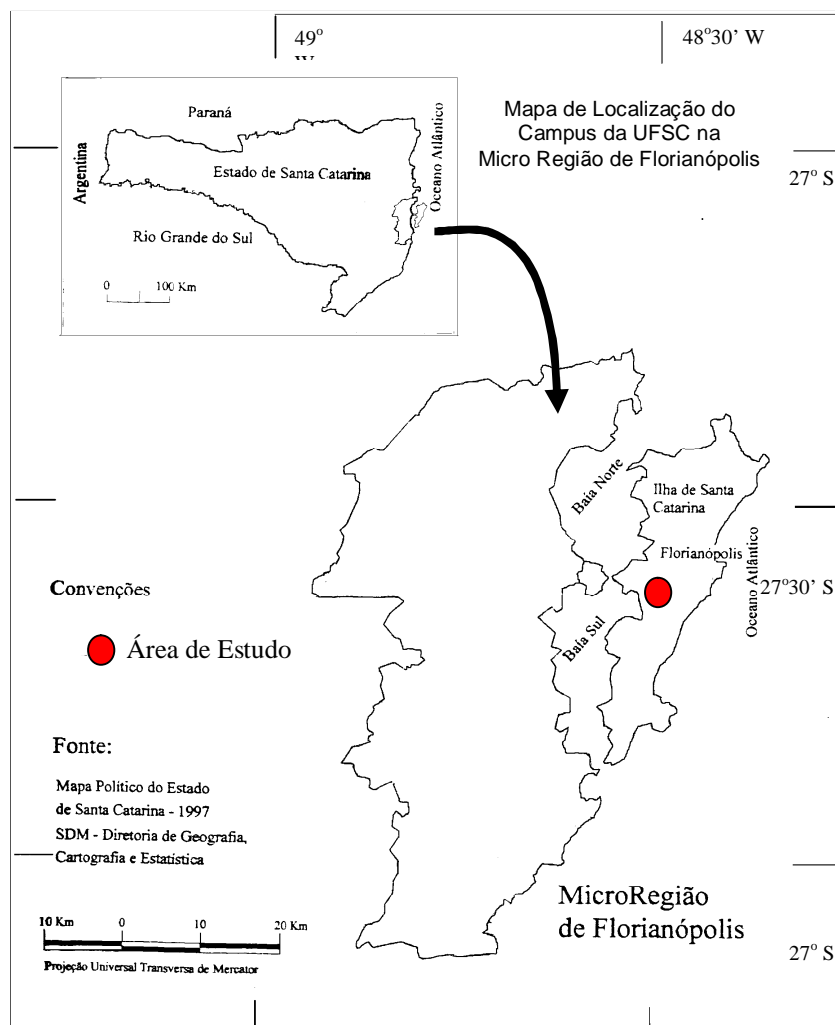


Figura 1- Localização do Campus Universitário.

Elaborado por Jani Mara Martins

A área de estudo está situada no Setor F do Campus Universitário – UFSC, distante do centro de Florianópolis (capital) a aproximadamente 10 km (via Beira-mar Norte).

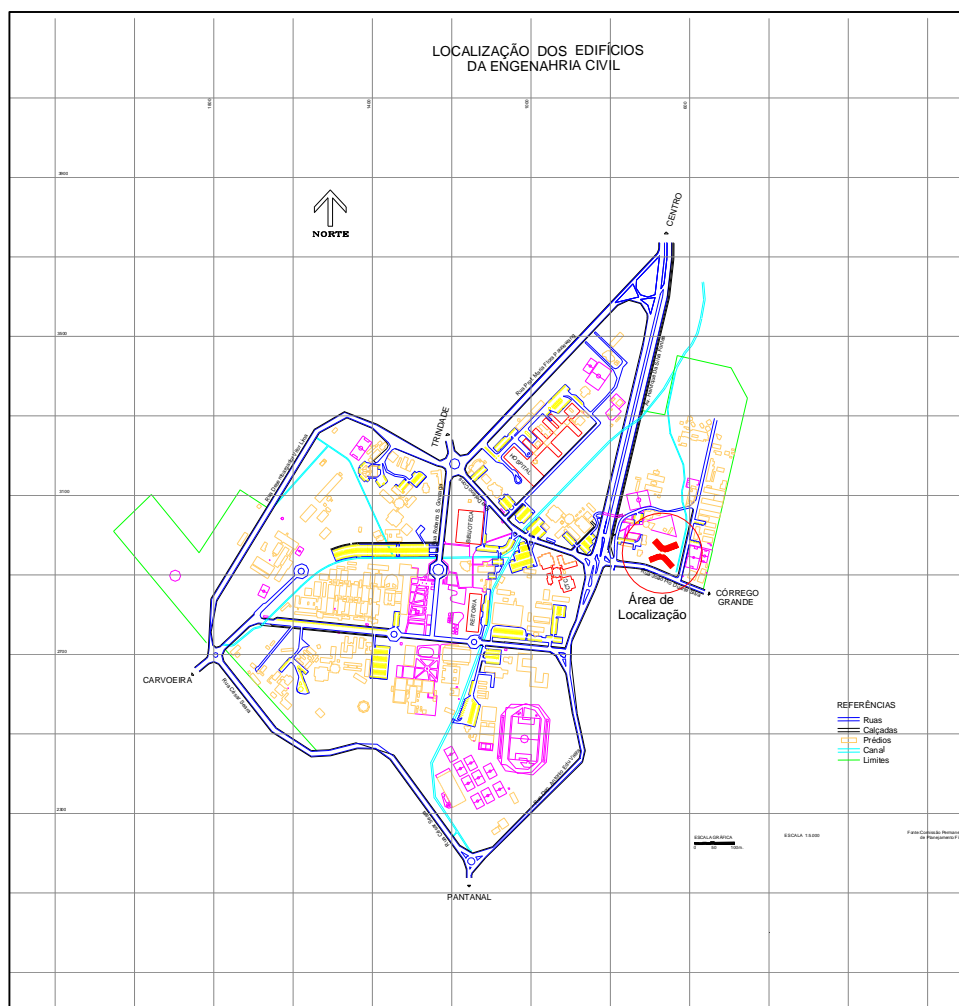


Figura 2 - Objeto de estudo situado no setor F do Campus Universitário - UFSC.

Fonte: Base Cartográfica do Campus da UFSC escala 1:5.000 – Escritório Técnico-Administrativo/Etusc.

5.2 Histórico

Em 1930 foi fundada por José Artur Boiteux a primeira instituição de ensino superior em Santa Catarina: a Faculdade de Direito de Santa Catarina. Federalizada pela Lei nº 3.038, em 19 de dezembro de 1956. Foi a Faculdade de Direito o berço da idéia da criação de uma universidade federal em Santa Catarina (Ferreira Lima, 1980).

Até 1960 existiam e funcionavam em Florianópolis mais seis entidades de ensino independentes: Faculdade Catarinense de Filosofia, Ciências e Letras; Faculdade de Farmácia e Odontologia; Faculdade de Ciências Econômicas; Faculdade de Serviço Social e Faculdade de Medicina. Seus diretores, tendo à frente o Diretor da Faculdade de Direito, Prof. João David Ferreira Lima, empreenderam uma campanha tenaz pela transformação destas entidades de ensino independentes em uma única entidade, a Universidade de Santa Catarina – USC, concretizada com a Lei nº 3.849, de 18 de dezembro de 1960, publicada no DOU de 21 de dezembro de 1960, e criava também a Escola de Engenharia Industrial – EEI.

A EEI iniciou suas atividades em 2 de março de 1962, com os cursos de Engenharia Mecânica, Engenharia Metalúrgica e Engenharia Química, e sua sede funcionava na Rua Bocaiúva nº 60, no mesmo prédio da Reitoria. Utilizou pavilhões de madeira construídos atrás do prédio da Reitoria. Em 1967, mudou-se para o Campus universitário, no bairro da Trindade, onde o Estado havia cedido terras pertencentes à antiga Fazenda Modelo Assis Brasil e na qual a UFSC fizera construir um pavilhão, destinado à Engenharia Mecânica com 4.800 m² de área construída.

5.2.1 Criação do Curso de Engenharia Civil

Em 1963, a Congregação dos professores da EEI aprovou a criação do curso de Engenharia Civil, e no ano seguinte esta proposta foi aprovada pelo CUN (Conselho Universitário) da UFSC, conforme a ata da 59ª Sessão do Egrégio Conselho Universitário, realizada em 18 de dezembro de 1964 registra:

“Processo nº 10.657/64 – Escola de Engenharia Industrial propõe a criação do curso de Engenharia Civil. A comissão de Legislação e Regimentos assim se manifestou: “Entendemos que a proposta da criação do Curso de Engenharia Civil é do maior interesse para a Universidade de Santa Catarina e para a comunidade em geral, pelo que opinamos favorável à sua aprovação, ficando seu funcionamento condicionado à verificação pela Congregação da Escola de Engenharia Industrial, das condições de exequibilidade necessária para sua instalação.” Em discussão, e em seguida em votação, o parecer, foi o mesmo aprovado, por unanimidade.”

O MEC (Ministério da Educação e Cultura) e o CFE (Conselho Federal de Educação), consultados, manifestaram preferência pelos cursos de Engenharia Mecânica e de Engenharia Elétrica, por formarem profissionais escassos no país, e alegaram carência de recursos orçamentários para a aquisição do equipamento mínimo necessário e contratação dos professores responsáveis pelas disciplinas próprias de Engenharia Civil. Assim, apesar de duplamente aprovado, o curso de Engenharia Civil não pôde sair do papel.

Em 1967 formou-se a Comissão Organizadora do Movimento “Pró-Civil 68”, que defendia o início deste curso em março de 1968. Juntaram-se a esta o Diretório Acadêmico de Engenharia de Santa Catarina, apoiados pelos professores da EEI, e que também eram Engenheiros Civis, exercendo forte pressão sobre a alta administração da Universidade, Governo do Estado, a Assembléia Legislativa, a ACE (Associação Catarinense de Engenheiros), o CREA/SC (Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia) e todos os órgãos públicos municipais, estaduais e federais ligados à Engenharia Civil, de todos recebendo aprovação e apoio.

No início de 1968, o Governador Ivo Silveira, juntamente com o Prof. Roberto Mündell de Lacerda, Reitor em exercício na ocasião, assinou um protocolo – compromisso de destinação de recursos do Estado, com a finalidade de implantar o Curso de Engenharia Civil na UFSC, tendo início em 01 de março de 1968, autorizado pelo MEC. Os primeiros 28 alunos inscritos, já tinham cursado os dois anos básicos, ingressando diretamente no 3º ano da Engenharia Civil, concluindo o curso em dezembro de 1970.

Deste modo, o curso de Engenharia Civil foi o terceiro curso a funcionar na EEI. O novo curso foi reconhecido pelo Decreto 75.591, de 10 de abril de 1975, da Presidência da República e publicado no Diário Oficial da União de 11 de abril de 1975.

Com a Reforma Universitária na UFSC, obedecendo aos Decretos nº 53 de 28 de novembro de 1965 e nº 252 de 18 de fevereiro de 1966, aprovada pelo CUN e enviada ao CFE, oficializada pelo Decreto nº 64.824 de 15 de julho de 1969 pelo Presidente da República, implantada a partir de 1970, a antiga Escola de Engenharia Industrial passou a chamar-se Centro tecnológico – CTC, compreendendo os Departamentos de EMC (Engenharia Mecânica), EEL (Engenharia Elétrica), EIN (Engenharia Industrial), CEC (Ciências da Estatística e da Computação), e ECV (Engenharia Civil). O ato formal de

criação dos Centros e Departamentos, deu-se em 29 de outubro de 1969 na 120^a Reunião do Conselho Universitário, em que foi aprovado o Estatuto da Universidade, entrando em vigor a partir de janeiro de 1970.

A solenidade de instalação do Departamento de Engenharia Civil deu-se em 20 de abril de 1971, constituindo-se a primeira reunião do Colegiado do Departamento, presidida pelo Prof. Alberto Odon May, designado Chefe do Departamento pela Portaria nº 119/71 de 06 de abril de 1971, do Magnífico Reitor Prof. João David Ferreira Lima.

5.2.2 Construção do Pavilhão da Engenharia Civil

Com o início do curso de Engenharia Civil em março de 1968, os professores que prestavam sua colaboração lecionando as cadeiras recém-criadas para o novo curso, começaram a se encontrar na sala localizada no final do corredor principal de acesso do Pavilhão da Engenharia Mecânica. No início de 1971, com a Reforma Universitária, a necessidade de um espaço físico próprio era urgente. Teve início, nesta ocasião, a construção do Pavilhão da Engenharia Civil, inaugurado em fins de 1972.

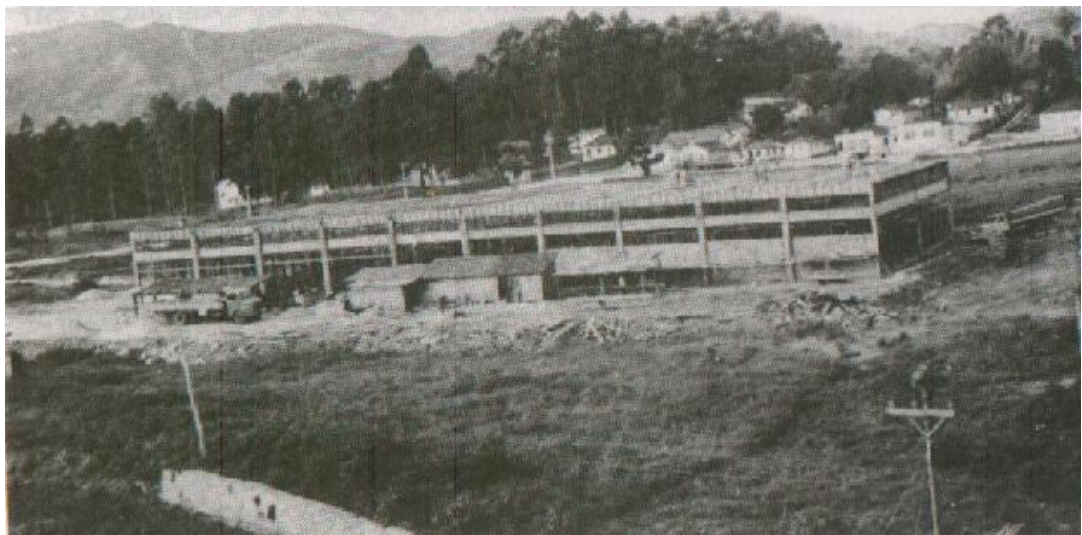


Figura 3 - Pavilhão da Engenharia Civil em fase de construção com início em 1970.

Fonte: Engenharia Civil 25 anos, 1995.



Figura 4 - Pavilhão da Engenharia concluído em 1973.

Localizado onde atualmente está construído o novo prédio da Engenharia Sanitária, próximo ao CTC. Ao fundo o prédio do CCE (Centro de Comunicação e Expressão), conhecido por “Básico”, no centro da foto o prédio da Reitoria e o prédio da Engenharia Mecânica, próximo ao pavilhão da ECV.

Fonte: Engenharia Civil 25 anos, 1995.

Em 1977 foi criado o Curso de Arquitetura e Urbanismo, sendo instalados dois laboratórios no pavilhão para servir ao novo curso, com área total de 274,50 m². E em março de 1979 teve início o Curso de Engenharia Sanitária, sendo destinados 360,00 m² do pavilhão para a instalação de um laboratório (LIMA – Laboratório Integrado de Meio Ambiente) para o novo curso. Desde então, passaram a ser três os Departamentos a usarem o Pavilhão da Engenharia Civil.

No final da década de 70, a Secretaria do Departamento e da Coordenadoria do Curso de Engenharia Civil transferiram-se para o prédio da direção do CTC, sendo o espaço deixado no Pavilhão, ocupado pelo Núcleo de Desenvolvimento Tecnológico de Transportes – NDTT, recém-criado.

Em 1991, o Pavilhão da Engenharia Civil recebeu de volta a Secretaria do Departamento e a Coordenadoria do Curso de Graduação, passando a acomodar também a recém-criada Coordenadoria do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Houve uma permuta com o espaço ocupado pelo NDTT, que foi para o prédio da direção do CTC e devido à ampliação com mezaninos, feita em madeira, a Engenharia Civil pôde retornar ao Pavilhão.

A mudança da Arquitetura, no início de 1995, viabilizou uma nova mudança da Engenharia Civil para o prédio do CTC. A negociação da nova ocupação do Pavilhão possibilitou a retomada da área antes ocupada pela Arquitetura com 274,50 m², para o Departamento e sala dos alunos da Pós-Graduação em Engenharia Civil. Em compensação toda a área ocupada pela Secretaria e Coordenadorias em Engenharia Civil, no pavilhão, num total de 232,00 m², foi cedida para a Engenharia Sanitária.

5.2.3 Construção de um Novo Prédio da Engenharia Civil

A partir de 1987, os professores Tuing Ching Chang e Jucilei Cordini começaram a desenvolver o projeto de um prédio em forma de “U”, a ser construído em torno do pavilhão da Engenharia Civil, com 4 pavimentos. A expectativa era de que após sua construção, os problemas de espaço físico da Engenharia Civil estariam resolvidos. O início das obras estava previsto para 1995.

Porém, quando tudo parecia estar caminhando de acordo com o que se previa, aconteceram dois fatos marcantes na história do Curso de Engenharia Civil: Em dezembro de 1995, o Pavilhão da Engenharia Civil, bem como outros setores da Universidade, foi surpreendido com uma enchente que destruiu grande parte dos móveis, equipamentos e materiais de estudo que ali se encontravam. Houve uma grande movimentação de alunos, professores e funcionários para retomar as atividades no Pavilhão que estava embaixo de lamas; e no dia 14 de abril de 1996, o Pavilhão da Engenharia Civil foi totalmente destruído por ocasião de um incêndio, cuja causa foi relacionada à sobrecarga da rede elétrica, confirmando hipótese já levantada anteriormente por laudo da Polícia Federal.

Foi criada então, uma Comissão de Reconstrução, que distribuiu à imprensa um Dossiê resumido da tragédia, revelando que o fogo destruiu 4213 m² e 15 laboratórios com

prejuízos na ordem de 10 milhões de Reais, incluindo-se os equipamentos. Foram prejudicados também outros cursos que utilizavam a infra-estrutura do prédio. Diretamente foram atingidas as atividades de 480 alunos de graduação, 205 da pós-graduação e 90 bolsistas de iniciação científica. (Jornal Universitário nº 263 de 24/06/96)

Frente a esta tragédia, as atividades ali desenvolvidas por vários cursos, principalmente a Engenharia Civil, foram novamente descentralizadas, para retomar os trabalhos em andamento. Foram deslocados laboratórios de estruturas para a Ala C do RU, utilizados os laboratórios do DER para aulas práticas da disciplina de solos, e todo o resto das instalações, que ali funcionava, teve que se acomodar em espalhados pelo Campus da UFSC, improvisadamente por algum tempo.

5.2.4 Construção do Atual Prédio da Engenharia Civil

A Universidade Federal de Santa Catarina, através do seu Escritório Técnico-Administrativo – ETUSC, instaura em 23 de outubro de 1997, processo de licitação, nos termos da Lei nº 8.666, de 21/06/93, com redação dada pela Lei nº 8.883, 08/06/94, na modalidade “Tomada de Preço”, do tipo “Menor Preço”, com abertura dos envelopes de propostas em 20 de novembro de 1997, tendo como objetivo construir o Novo Prédio do Departamento de Engenharia Civil do Centro Tecnológico.

Os projetos do novo prédio da Engenharia Civil foram desenvolvidos pelos profissionais:

- i. Projeto Arquitetônico: Arq. Luiz Antônio Zenni e Arq. Cristina Maria da Costa Silva;
- ii. Projeto Estrutural: Arq. Tuing Ching Chang, Eng. Civil Alexandre Araújo Chimello e Eng. Civil Rodrigo Luiz Glória;
- iii. Projeto Elétrico/Telefonia/Lógica/P. Incêndio: Eng. Elet. Dilnei Fernandes;
- iv. Projeto de Climatização: Eng. Mec. Alessandro Gil Catto e Eng. Mec. Maurício Nath Lopes;
- v. Projeto Hidro-sanitário: Eng. Civil Maury Dutra Filho.



Figura 5 - Vista da fachada sul do Bloco “U”, em fase final de construção (04/1999).



Figura 6 - Vista da fachada norte do Bloco “U”, em fase final de construção (04/1999).

O novo prédio projetado é composto de dois blocos em formato de “U” e “T”, sendo que cada bloco é formado por três pavimentos. O bloco “U” com área construída total de 1.997,03 m² e o bloco “T” com área construída total de 1.640,43 m².

O local para instalação do prédio foi escolhido levando-se em consideração as diretrizes estabelecidas no Plano Diretor do Campus Universitário da UFSC, bem como estudos feitos pelos diversos profissionais envolvidos e responsáveis pela elaboração dos projetos.

A construção levou aproximadamente dois anos para ser concluída e, em abril de 2000 foi inaugurado o novo Prédio da Engenharia Civil, com amplas instalações para laboratórios e salas de estudo, constituído de dois blocos - “T” e “U”, perfazendo um total de 3.637,46 m² de área construída.

Está previsto para funcionar nos dois blocos, além de toda a estrutura administrativa do Departamento de Engenharia Civil e as Coordenadorias do Curso de Graduação e Pós-Graduação, os laboratórios específicos de cada disciplina do curso de Engenharia Civil, salas de professores e salas de aula.

6. MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

A realização deste trabalho se deu em duas etapas distintas: a coleta de dados em campo, que compreendeu a aquisição das fotografias internas e externas do prédio, e o desenvolvimento da pesquisa que compreendeu desde a revelação, em laboratório fotográfico, dos filmes sensibilizados para obtenção dos diapositivos, até o processamento das imagens para correlacionamento com as informações contidas no banco de dados.

6.1 Equipamentos de Campo e Equipe

A equipe necessária para a realização da etapa de aquisição das fotografias era composta de duas pessoas. Para o trabalho de campo, que consiste do levantamento fotogramétrico, foram utilizados os seguintes materiais:

- i. Câmara fotográfica;
- ii. Tripé de câmara;
- iii. Filme fotográfico e pilhas;
- iv. Trena;
- v. Caderneta de anotação;

6.1.1 Câmara Fotográfica

A câmara fotográfica utilizada para esta pesquisa foi a PENTAX PAMS 645 (figura 7). É um equipamento dos mais recentemente desenvolvidos na área de médio formato, que garante resultado de formato superior a 6 x 4,5 cm, com filme de 120/220 ou 70 mm. A orientação interna da câmara obtém-se do certificado de aferição do equipamento, fornecido pelo fabricante.



Figura 7 - Câmara Pentax PAMS 645 utilizada para a aquisição das fotografias

A PENTAX PAMS 645 é uma câmara profissional que processa um número de características com elevada sofisticação. O filme embutido é automatizado por microprocessador, com indicações digitais de mudança das fotografias visualizadas através de um visor de cristal líquido – LCD (*Liquid Crystal Display*) na parte superior externa da câmara e a indicação é iluminada por um dispositivo interno do mostrador – LED (*Light Emitting Diode*).

A esta câmara vem acoplado um compartimento de vácuo que, uma vez acionado, garante a planificação do filme no momento da tomada da foto, indispensável para a eliminação das distorções geométricas das fotografias.

Como determinados parâmetros do sistema imageador são conhecidos: objetiva com *f-stop* (abertura do obturador) variável, supondo uma distância de 8 metros ao objeto (uma vez que a objetiva tem foco fixo para 8 metros, é nesta distância que são obtidos o maior grau de nitidez para qualquer *f-stop*) e distância focal de aproximadamente 45 mm, determinou-se uma cobertura de imageamento em torno de 9 x 6 metros (WESTPHAL, 1999). Porém, perde-se parte desta área imageada no momento da revelação, quando são colocadas as faixas contendo as marcas fiduciais sobre os diapositivos, passando-se a uma área útil de aproximadamente de 8,50 x 5,50 metros.

Com relação à cobertura de imageamento, existe uma relação de proporcionalidade das distâncias horizontais e verticais (largura e altura, respectivamente) em função da distância câmara-objeto, como se pode verificar na tabela 1:

DISTÂNCIA CÂM./OBJ. (M)	ÂNGULO HORIZONTAL (°)	LARGURA (M)	ÂNGULO VERTICAL (°)	ALTURA (M)
1.0	59	$A = 1,13$	41	$B = 0,75$
2.0	59	$2,26 = 2 A$	41	$1,50 = 2 B$
3.0	59	$3,39 = 3 A$	41	$2,25 = 3 B$
4.0	59	$4,53 = 4 A$	41	$3,00 = 4 B$
5.0	59	$5,65 = 5 A$	41	$3,75 = 5 B$
6.0	59	$6,78 = 6 A$	41	$4,50 = 6 B$
7.0	59	$7,91 = 7 A$	41	$5,25 = 7 B$
8.0	59	$9,04 = 8 A$	41	$6,00 = 8 B$

Tabela 1 – Relação de proporcionalidade das distâncias horizontais e verticais em função da cobertura de imageamento.

Fonte: Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do grau de Engenheiro Civil. (MARTINS, 1997)

Em estudos realizados por MARTINS (1997), nestas condições, após a digitalização das fotos, obtém-se uma resolução espacial no objeto de 4,10 x 3,66 mm.

6.1.2 Filme Fotográfico e Pilhas

O filme utilizado na câmara PENTAX é um filme especial para revelação em diapositivos da marca Ektachrome 64 Professional Color Reversal Film, tamanho 220 (figura 8), que utiliza como processo de revelação o Processo E-6 (no processo de revelação E-6, o filme revelado é seco naturalmente a frio, o que garante maior qualidade das fotos).



Figura 8 – Caixa do filme Ektachrome 64, com capacidade para 5 rolos de filme (30 poses), na qual estão impressas suas características.

Cada rolo de filme vem lacrado em invólucro plástico que deve ser mantido sob refrigeração até momentos antes de ser utilizado, caso contrário, pode perder suas qualidades comprometendo as fotografias tomadas.

O uso de filmes com estas características deve-se às condições da tomada das fotografias: dia de sol com poucas nuvens (evidenciando muita luminosidade). O número 64 indica baixa velocidade e granulação fina. Cada filme tamanho 220 tem capacidade para sensibilizar até 30 poses com segurança.

O acionamento da câmara é conseguido por oito pilhas alcalinas de 1,5 V cada. Deve-se ter o cuidado de utilizar pilhas novas e de mesma marca, observando com atenção quando são colocadas na câmara para não trocar sua posição quanto à polaridade, evitando danos ao equipamento.

6.1.3 Trena e Caderneta de Anotação

Utilizou-se uma trena de fibra, com 20 m de comprimento. Seu emprego se fez necessário para tomada de algumas medidas do prédio. Estas medidas, tomadas com devido cuidado (paralelismo em relação às arestas, ausência de catenária na trena), foram inseridas no

Photomodeler, com o qual se fez o processamento das fotos, para estabelecer um fator de escalas ao modelo gerado. A partir desta medida inicial, tornou-se possível a obtenção das demais medidas restituídas das fachadas do prédio, utilizando uma ferramenta específica do programa.

Simultaneamente à aquisição das fotografias e obtenção das medidas de controle, fez-se utilização de uma caderneta para anotação do número registrado no visor da câmara e posição em relação ao prédio de todas as fotografias. Este procedimento facilita a compreensão da sequência de fotos que foram tomadas para compor cada fachada.

6.2 Equipamentos de Escritório

O equipamento de escritório utilizado para esta pesquisa compreende:

- i. Micro-computador Pentium II, 333 MHz, 32 MB de memória RAM e 4.2 GB de memória em disco rígido. Utilizado para desenvolvimento da pesquisa;
- ii. Micro-computador Pentium II, 233 MHz, 5.6 GB de memória em disco rígido. Utilizado para armazenar as imagens escanerizadas;
- iii. *Scanner* de precisão SCAI, de fabricação alemã;
- iv. Diapositivos do prédio, cada um com tamanho de 45x60 mm;
- v. Impressora jato de tinta XEROX Home Centre Document 1.0;
- vi. Papel especial para impressão das imagens com qualidade fotográfica;
- vii. Softwares Photomodeler - 4.0, 3D Studio Max - R 2.0, Access 97, Estação Phodis SC, Paint Shop Pro - 6.0, Adobe Photoshop, Microstation 95 - versão acadêmica, Aplicativos do Windows 98: Word 7.0 e Excel 5.0.

6.2.1 Scanner de precisão SCAI

O scanner de precisão SCAI (figura 9) funciona em uma estação para processamento de imagem – Sistema Phodis SC, que permite a conversão de fotos fotogramétricas de alta precisão em imagens digitais. Os resultados digitais fornecem a plataforma ideal para a fotogrametria digital. O sistema Phodis SC é uma estrutura modular que funciona no modo operacional do ambiente Unix ou Windows NT.



Figura 9 – Estação de trabalho (Workstation) Phodis para obtenção de imagens digitais de alta precisão.

As principais características do Sistema Phodis são:

- i. Digitalização da foto ou rolo do filme;
- ii. Processamento de fotos coloridas em um ciclo simples e em um processo aos lotes;
- iii. Uso como uma estação de processamento independente;
- iv. Integração dentro do processamento de imagens fotogramétricas Carl Zeiss.

O sistema Phodis SC compreende:

- i. O scanner de precisão SCAI com a unidade de escaneamento, controle e o auto (opcional) para a digitalização completa, ou de parte do filme;
- ii. O software SC para controle do scanner e gerenciamento e manipulação das imagens digitais;
- iii. O software do usuário opcional para o escaneamento de seqüências de imagens com controle do operador;
- iv. A estação de trabalho “workstation” com meio de armazenamento adequado ao operacional Unix.

Os dados técnicos da Estação Phodis SC são:

Máximo formato da foto	250 mm x 275 mm
Resolução Geométrica	1 metro
Precisão Geométrica	< 2 μm (RMS)
Tamanho do pixel	Mínimo 7 μm = 3628 dpi
Linha CCD	5632 pixels = 39.424 mm
Resolução radiométrica	8 bits
Espectro	Branco e preto ou 3 canais coloridos
Formato de saída	Zeiss – TLD, TIFF, SGI
Formato do filme	9,5”
Comprimento do carretel	105 a 168 mm
Medida de escaneamento	4 Mpixels/s (máximo)
Digitalização RGB	Simultânea
Extensão do filme	150 m (máximo)
Dimensão	908 x 902 x 370 mm
Peso	120 kg

Tabela 2 – Dados técnicos da estação de trabalho Phodis SC

A unidade de scanner SCAI apresenta as seguintes características:

- i. Formato máximo da foto 250 x 275 mm;
- ii. Iluminação difusa, lâmpada halogênica 250 W;
- iii. Resolução geométrica 7, 14, 21, 28, 56, 112, 224 μm ;
- iv. Medida de escaneamento máximo (branco-e-preto ou colorido) 4 Mpixels/seg;
- v. Tempo de escaneamento com 14 μm pixel – 10 minutos;
- vi. Linhas CCD 5632 pixels;
- vii. Resolução radiométrica 8 bits = 256 níveis de cinza
- viii. Características espectrais branco-e-preto ou colorido em 3 canais
- ix. Digitalização de canal colorido simultâneo;
- x. Formato de saída Zeiss – TLD, TIFF.

6.2.2 Diapositivos

Os diapositivos são os produtos resultantes da revelação do filme fotográfico utilizado com a câmara Pentax PAMS 645, e vêm do laboratório de revelação no formato original colorido e em rolo com 30 poses. No momento da escanerização este material é recortado em tamanhos compatíveis com o formato do equipamento utilizado (formato máximo: 250 x 275 mm), permitindo que sejam escanerizados até 16 diapositivos no formato 6 x 4,5 cm.

6.2.3 Softwares utilizados na pesquisa

- i. Softwares Photomodeler - 4.0 (e versões de atualização);
- ii. Estação Phodis SC;
- iii. Paint Shop Pro - 6.0;
- iv. Adobe Photoshop;
- v. Microstation J;
- vi. Aplicativos do Windows 98: Word 7.0,0 Excel 5.0 e Access 97.

7. MÉTODO UTILIZADO

O trabalho divide-se nas seguintes etapas (figura 11):

- i. Aquisição dos dados;
- ii. Calibração da câmara;
- iii. Processamento das imagens no Photomodeler, AutoCAD R14;
- iv. Elaboração do bancos de dados com Access 97;
- v. Simulação de consulta ao banco de dados, utilizando o Microstation;
- vi. Análises e conclusões.

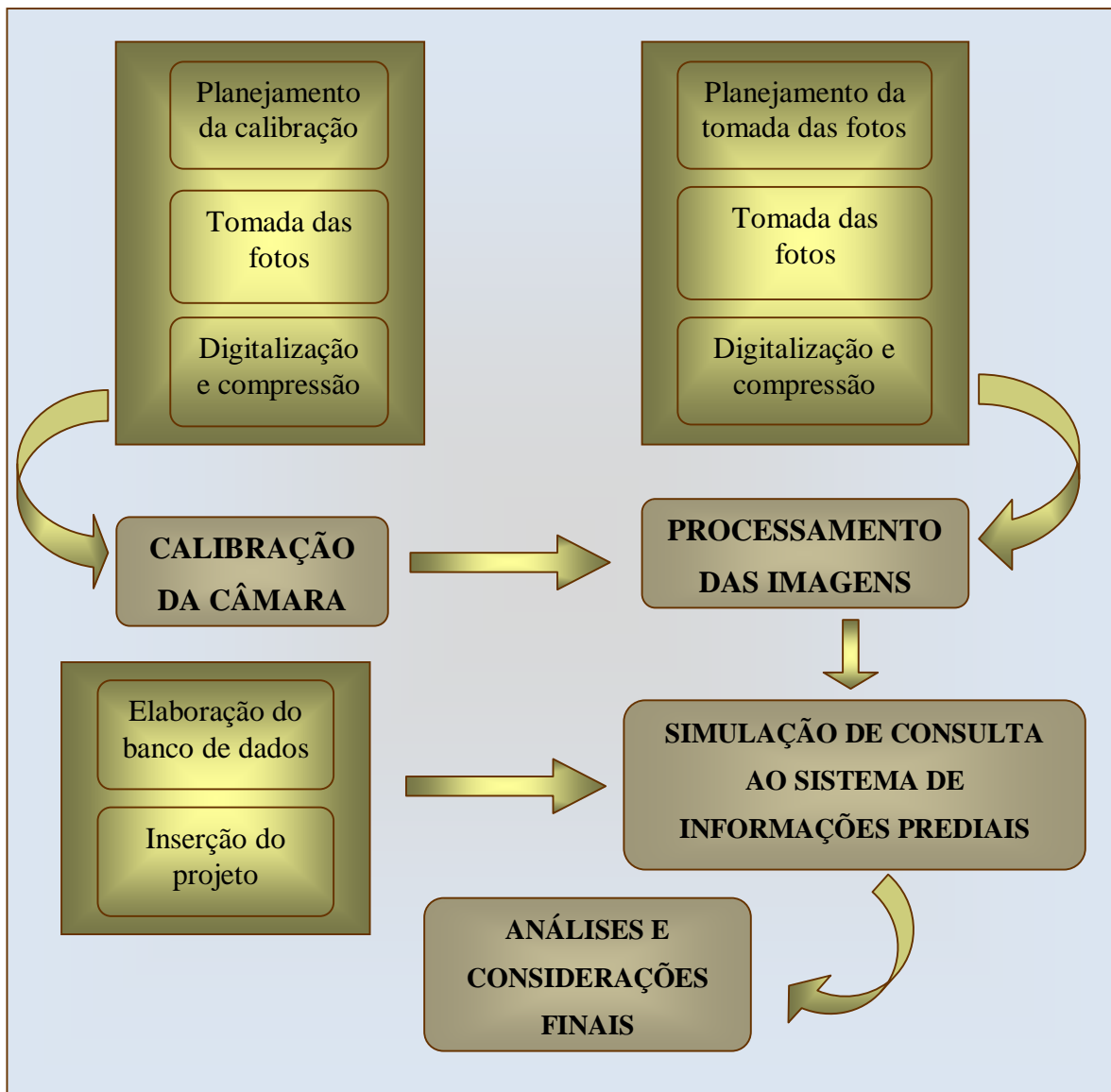


Figura 10 - Fluxograma da metodologia utilizada

7.1 Aquisição dos dados

A etapa de aquisição de dados compreende o levantamento das informações necessárias para a realização da pesquisa. As informações levantadas basearam-se em:

- i. Publicações nacionais e internacionais em congressos relacionados ao assunto, trabalhos similares já realizados, livros e revistas;
- ii. Memorial descritivo e orçamento estimativo do prédio da Engenharia Civil;
- iii. Base cartográfica do Campus Universitário (AutoCad);
- iv. Levantamento fotogramétrico terrestre com a câmara Pentax PAMS 645;
- v. Informações obtidas junto aos órgãos administrativos e de planejamento dentro do Campus Universitário.

7.2 Calibração da câmara

Ao processo de determinação das características internas (ponto principal e distância focal) de uma câmara para que possa ser usada como instrumento de medição chama-se calibração.

A Sociedade Americana de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto define calibração como “o ato ou processo de determinação de certas medidas específicas na câmara ou outro instrumento ou dispositivo por comparação com um modelo, para uso na correção ou compensação de erros com a finalidade de registro. (ASPRS, 1990, p. 173 in WESTPHAL, 1999).

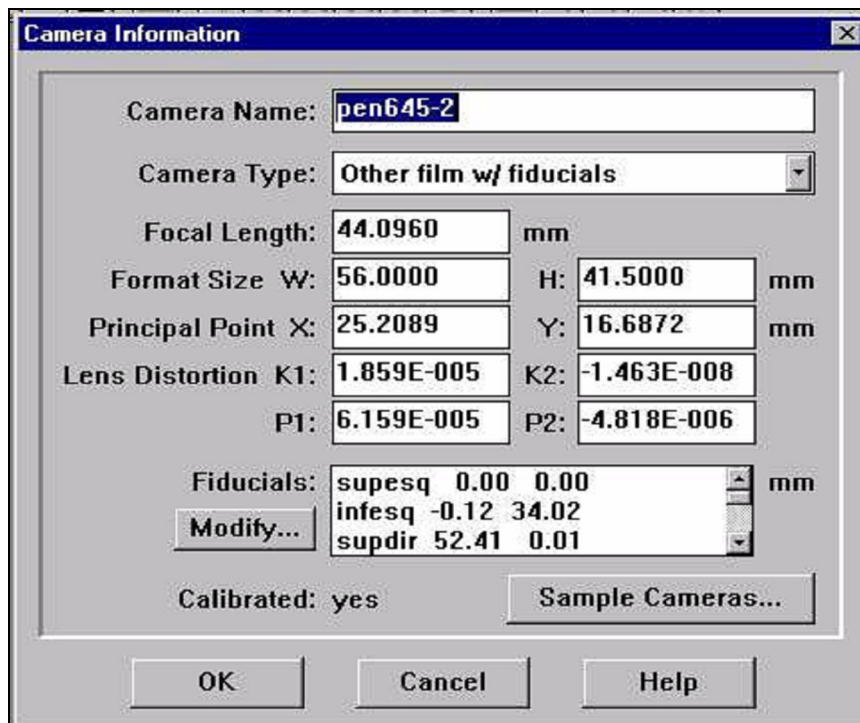
Segundo FRYER (1996a in WESTPHAL, 1999), a calibração da câmara pode ter vários objetivos, dentre os quais:

- i. Avaliação do desempenho da objetiva;
- ii. Avaliação da estabilidade da objetiva;
- iii. Determinação dos parâmetros geométricos e ópticos das lentes;
- iv. Determinação dos parâmetros geométricos e ópticos do sistema de aquisição de imagens.

7.2.1 Planejamento da calibração

O planejamento da calibração compreende a obtenção dos parâmetros referentes à orientação interna da câmara para inserção no programa de calibração *Calibrator* e, a preparação do ambiente e da câmara para a obtenção das fotos do modelo de calibração.

Os parâmetros referentes à orientação interna são obtidos do certificado de calibração que acompanha a câmara, e são os seguintes: Nome da câmara; Tipo de câmara; Distância Focal; Tamanho do formato (largura e altura); Pontos principais (X e Y); Marcas fiduciais. Estes dados são inseridos no programa de calibração, como segue:



The 'Camera Information' dialog box contains the following data:

Field	Value	Unit
Camera Name	pen645-2	
Camera Type	Other film w/ fiducials	
Focal Length	44.0960	mm
Format Size W	56.0000	
Format Size H	41.5000	mm
Principal Point X	25.2089	
Principal Point Y	16.6872	mm
Lens Distortion K1	1.859E-005	
Lens Distortion K2	-1.463E-008	
Lens Distortion P1	6.159E-005	
Lens Distortion P2	-4.818E-006	
Fiducials	supesq 0.00 0.00 infesq -0.12 34.02 supdir 52.41 0.01	mm
Calibrated	yes	

Figura 11 - Caixa de diálogo do programa de calibração contendo as informações da câmara.

O modelo de calibração que acompanha o programa *Calibrator* vem em formato de *slide* (original) que deve ser projetado em uma superfície lisa. O *software Calibrator* calibra a câmara e o aparelho usado para converter as fotografias para o formato digital (*scanner*) como uma unidade. Se o *scanner* é trocado, então a calibração deve ser refeita.

As fotos do modelo de calibração não devem apresentar distorções, pois podem comprometer o resultado final de calibração. E para isso são necessários alguns cuidados:

- i. Decisão pelo tipo de projeção a ser adotado – A melhor solução adotada foi a projeção do modelo impresso em transparência com retroprojektor;
- ii. Tomada das fotos do modelo de calibração – O trabalho é facilitado com um breve planejamento das fotos, levando-se em consideração que:
 - a) O tamanho da sala deve ser grande o suficiente para a projeção, apresentando uma ampla parede plana, limpa e lisa, isenta de papel de parede;
 - b) A iluminação do ambiente deve promover o maior contraste possível, tendo-se o cuidado de fazer a sala suficientemente iluminada para que as marcas fiduciais possam ser examinadas, mas não tão claras a ponto de ofuscar o modelo projetado;
 - c) O uso de tripé promove maior rigidez da câmara;
 - d) Não se deve fazer uso de *flash* para não ofuscar o objeto imageado;
 - e) Deve-se utilizar foco igual ou próximo àquele que será utilizado nos trabalhos futuros, lembrando que a calibração ideal considera a câmara com foco no infinito;
 - f) O retroprojektor deve estar aquecido para sua completa estabilização;

7.2.2 Tomada das fotos

Para a tomada das fotos do modelo de calibração é importante que se considere alguns pontos:

- i. O padrão de calibração deve apresentar ângulos retos em seus vértices;

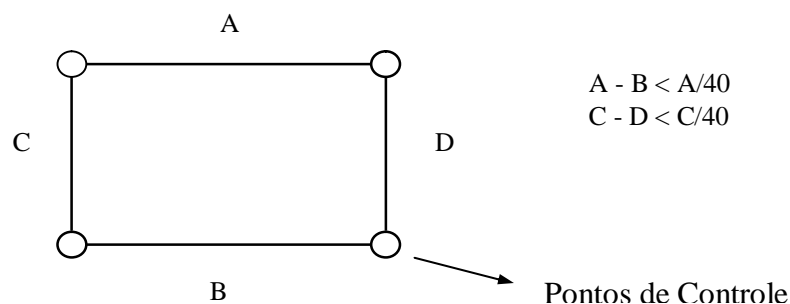


Figura 12 - Locação dos pontos de controle.

- ii. Todos os pontos de controle devem aparecer em todas as fotos;
- iii. O padrão de calibração deve ser mantido plano na parede;
- iv. O padrão de calibração deve, tanto quanto possível, preencher o visor da câmara;
- v. As posições da câmara devem, aproximar-se de 45° da vertical e horizontal;

- vi. Para as câmaras que apresentam filme, a maioria das marcas fiduciais disponíveis deve aparecer nas fotografias. Para o caso de 3 ou mais marcas (como a Pentax) certificar-se de que, pelo menos, três delas poderão ser restituídas;
- vii. As fotografias devem ter um bom foco ao longo do modelo (pequena presença de manchas, devido a problemas com profundidade de campo, é aceitável);
- viii. As fotografias devem ter um bom contraste, ao mesmo tempo em que não devem apresentar o “*grid*” ofuscado por excesso de luminosidade;
- ix. O padrão deve estar limpo, sem sombra ou mancha forte na área da fotografia;
- x. Todas as fotografias devem ser obtidas com o mesmo ajuste de foco;
- xi. Manter a câmara focada na distância em que será usualmente aplicada nos projetos futuros.

O Photomodeler realiza alguma auto-calibração durante seu processamento 3D, quando existe quantidade suficiente de pontos marcados nas fotografias. Mesmo que o processo de calibração afaste-se do ideal, o Photomodeler continua produzindo bons modelos tridimensionais quando da presença de elevado número de pontos espacialmente identificados (acima de 50 pontos 3D).

Para a calibração da câmara são necessárias seis ou mais fotos tomadas de diferentes ângulos e de uma densa grade de pontos. O processo de calibração trabalha com uma grade específica. As fotos do modelo de calibração projetado foram tiradas das seguintes posições:

Foto 1: Posição Superior Esquerda

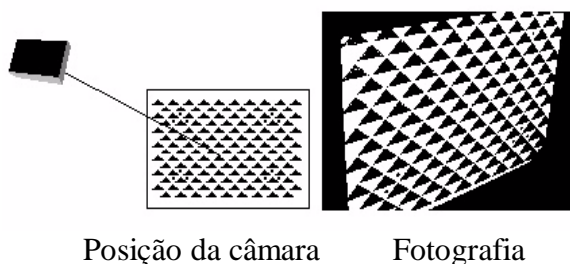


Foto 2: Posição Média Esquerda

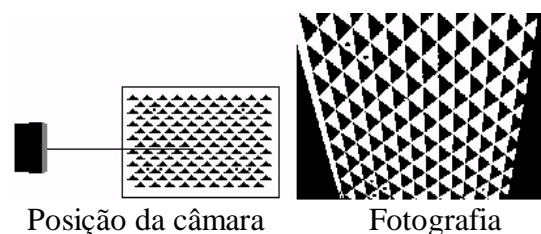


Foto 3: Posição Média Esquerda Paisagem

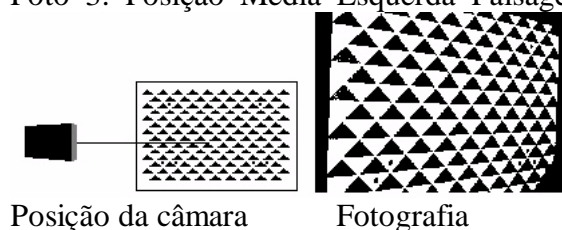


Foto 4: Posição Inferior Esquerda

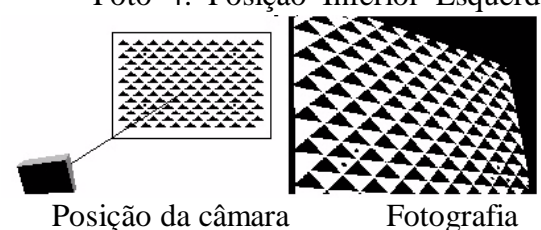
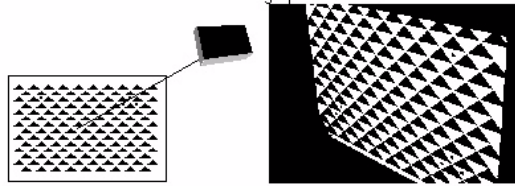


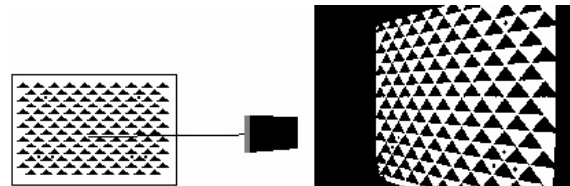
Foto 5: Posição Superior Direita



Posição da câmera

Fotografia

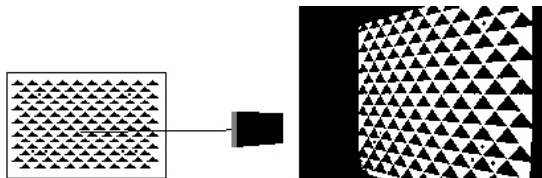
Foto 6: Posição Média Direita



Posição da câmera

Fotografia

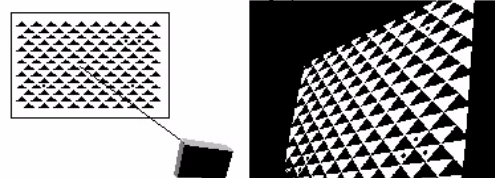
Foto 7: Posição Média Direita Paisagem



Posição da câmera

Fotografia

Foto 8: Posição Inferior Direita



Posição da câmera

Fotografia

Figura 13 - Posições da câmera

O programa de calibração *Camera Calibrator* necessita de uma distância (D) obtida no momento da tomada das fotos entre os pontos de controle 1 e 4 (figura 15) no padrão de calibração projetado. Para esta calibração a medida D foi 2,048 m.

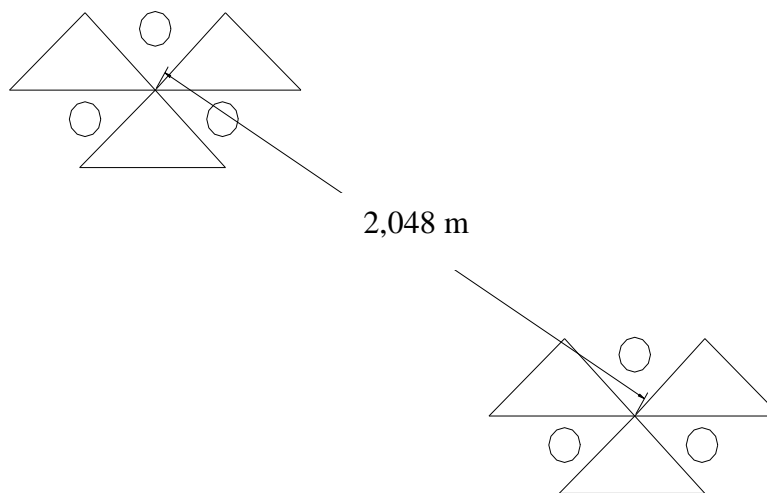


Figura 14 - Medida no grid de calibração

7.2.3 Digitalização e compressão

As fotos obtidas do modelo de calibração devem ser convertidas para uma representação digital para serem armazenadas por um sistema computacional. O *Camera Calibrator* trabalha com vários modelos de armazenamento de imagens e para esta calibração as

imagens foram salvas em JPEG com escalas de cinza, para gerar um arquivo de tamanho pequeno, tornando o trabalho mais ágil.

7.2.4 Processamento da calibração

Para iniciar um novo projeto de calibração é necessário:

- i. Criar uma nova câmara ou abrir uma câmara existente;
- ii. Mover as fotografias de calibração para um diretório vazio, pois o *Camera Calibrator* usará todas as fotografias no projeto de calibração contidas neste diretório;
- iii. Criar um novo projeto de calibração usando o *New Calibration Project*: aparecerá uma caixa de diálogo e então deve-se selecionar o diretório contendo as imagens do modelo de calibração.

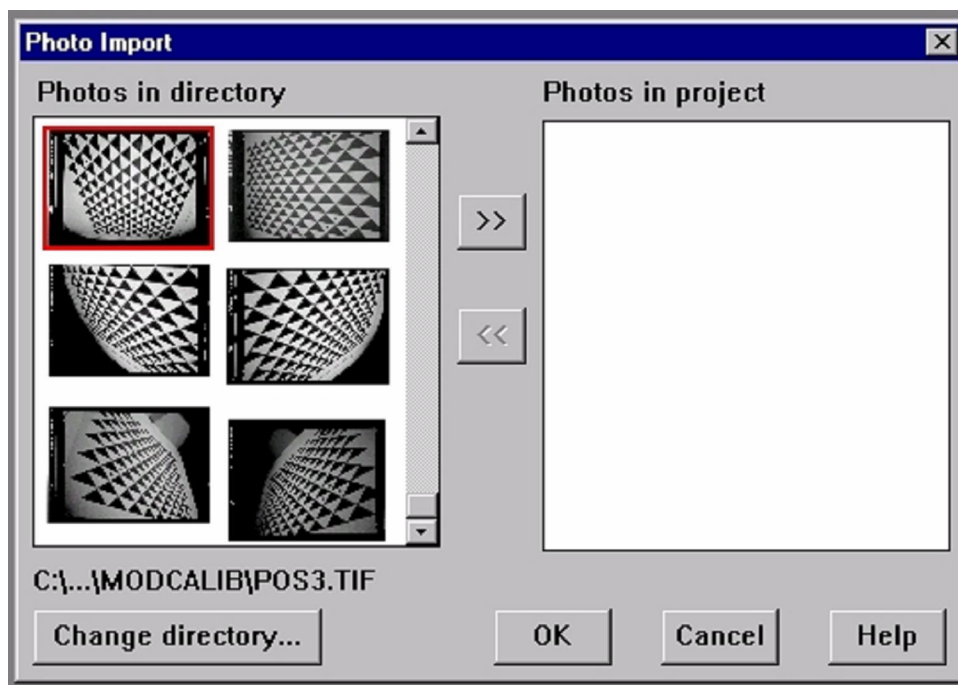


Figura 15 - Importando o modelo de calibração

Em seguida uma nova caixa de diálogo aparece mostrando as oito fotografias onde serão marcados os pontos de controle e as marcas fiduciais. De acordo com as marcações feitas, aparece na parte inferior do quadro informações referente a cada fotografia: se está adequada para ser utilizada ou não na calibração.

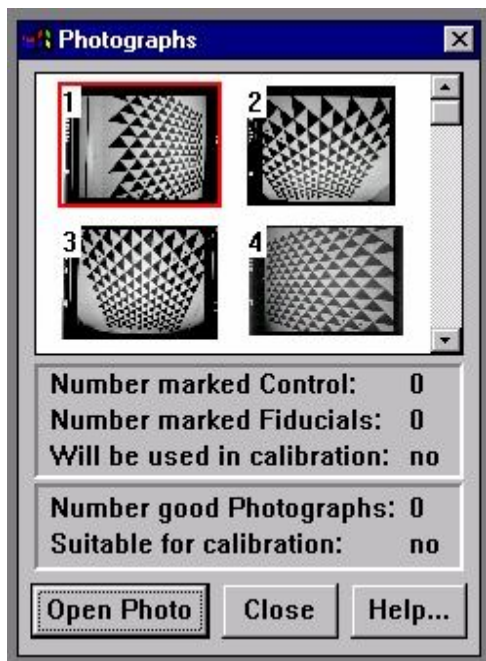


Figura 16 - Fotografias do modelo de calibração

Em cada fotografia do modelo devem ser marcados os 4 pontos de controle, identificados por 3 círculos. Estes pontos de controle devem ser marcados com a máxima precisão possível, pois deles depende o sucesso da calibração. A sequência de marcação dos pontos de controle deve ser:

- controle # 1: três círculos vazios
- controle # 2: um preenchido, dois círculos vazios
- controle # 3: dois preenchidos, um círculo vazio
- controle # 4: três círculos preenchidos

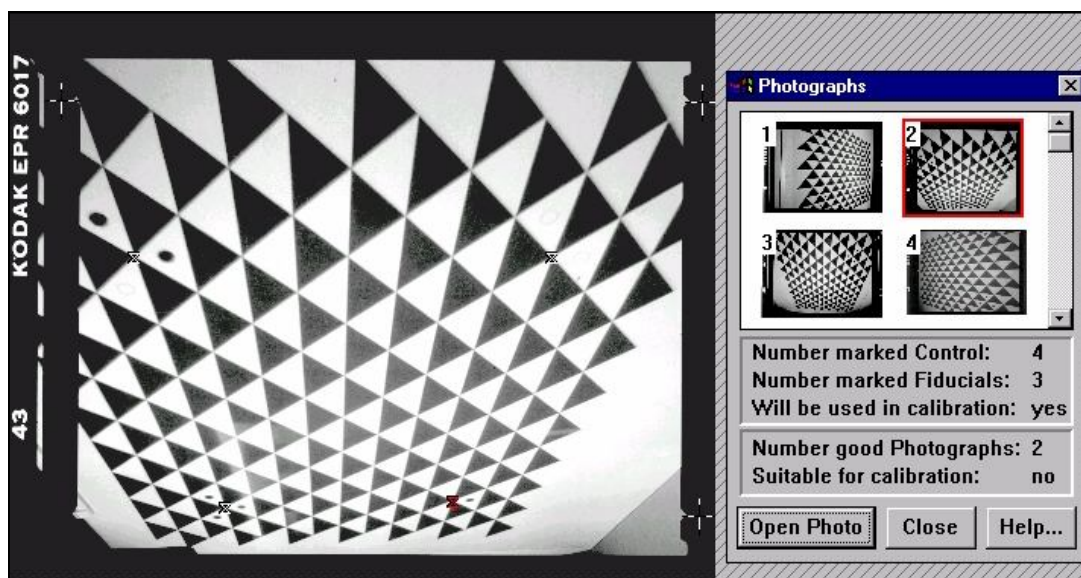


Figura 17 - Pontos de controle sobre o modelo de calibração e marcas fiduciais nas laterais do diapositivo

A câmara Pentax utiliza filme fotográfico e devem-se marcar os pontos fiduciais em cada uma das oito fotografias do modelo. O *Camera Calibrator* não reposicionará estes pontos fiduciais, como faz com os pontos de controle, portanto, devem ser marcados o mais precisamente possível. É necessário marcar, no mínimo, 3 marcas fiduciais em cada fotografia.

O programa de calibração usa transformação afim definida por 6 equações para determinação das marcas fiduciais. Por esta transformação tem-se para cada ponto definido duas equações. Portanto, é necessário que se tenha no mínimo três pontos identificados para satisfazer as 6 equações da transformação.

A transformação afim bi-dimensional envolve uma translação ao longo de cada eixo coordenado, uma rotação dos eixos coordenados por um ângulo alfa, uma deformação dos eixos beta, e uma escala muda ao longo de cada eixo. Pode ser escrita, de maneira simplificada como segue:

$$X' = ax + by + c$$

$$Y' = dx + ey + f$$

Para calibrar uma câmara o *Camera Calibrator* requer uma distância medida corretamente entre dois pontos no modelo de calibração. A distância (figura 19) requerida é a distância entre os pontos 1 e 4 medida no momento da tomada das fotos sobre o modelo de calibração projetado na parede, com o auxílio de uma trena com fita metálica.

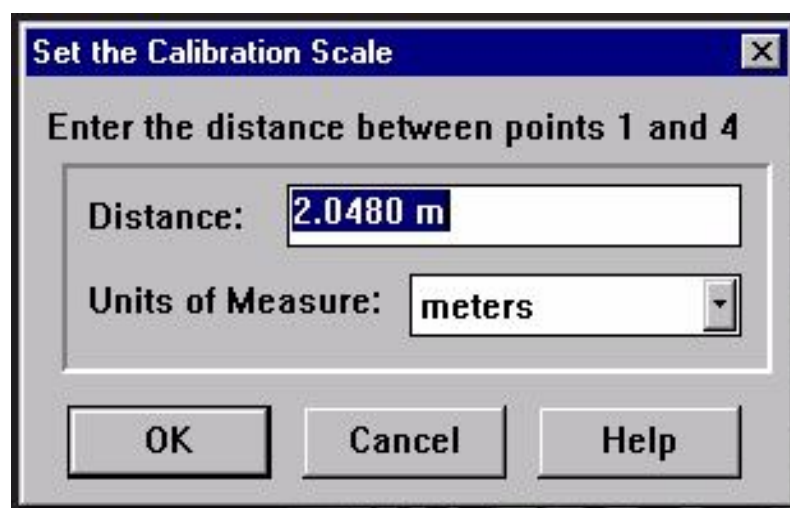


Figura 18 - Escala de calibração

O *camera calibrator* mostrará o diálogo de estágios da calibração (figura 20). No primeiro estágio confere a localização dos pontos marcados, e no segundo estágio processa a calibração.



Figura 19 – Estágios de calibração

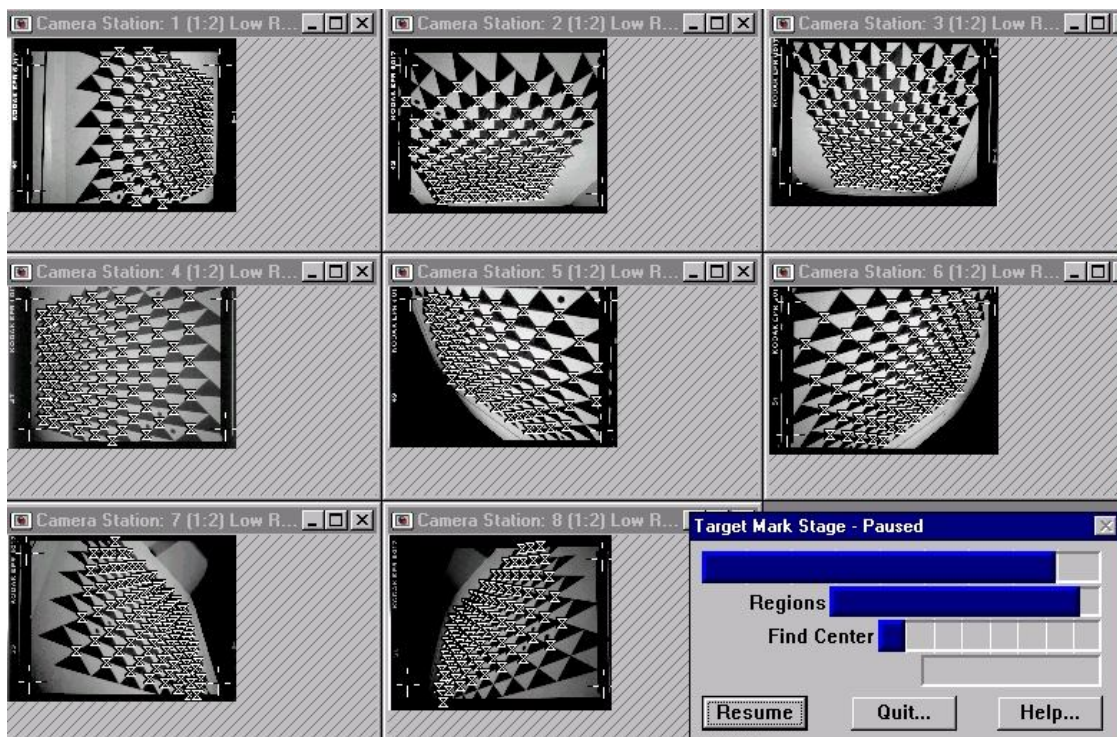


Figura 20 – Processamento da calibração

Ao final do processamento da calibração, que leva em torno de 1 hora, aparece uma caixa de diálogo mostrando que a calibração ocorreu com sucesso e que esta câmara pode ser utilizada com o Photomodeler.

Uma caixa de diálogo ao final da calibração mostra os erros totais de calibração com as iterações feitas. Para esta calibração teve um total de 3 iterações com um erro total de 5,618.

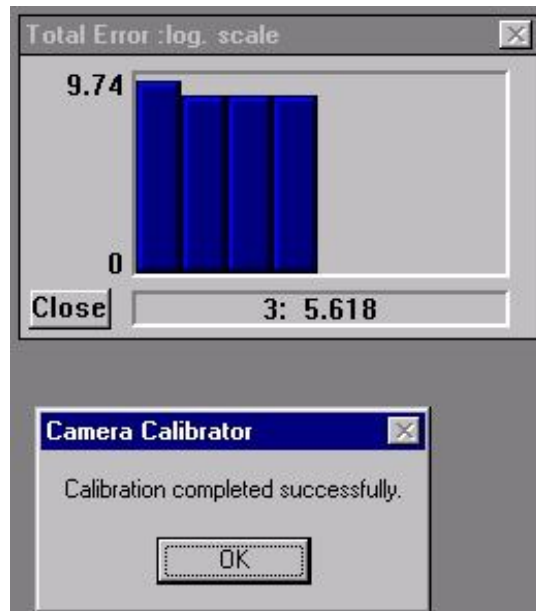


Figura 21 – Resultados da calibração

Este erro de calibração pode ser bem reduzido, e para isto devem-se observar alguns cuidados em todo o processo de calibração, desde o momento da tomada das fotografias do modelo:

- i. Focalizar o modelo projetado e utilizar equipamento de projeção de boa qualidade;
- ii. Luminosidade adequada para evitar que os negativos fiquem muito escuros impedindo de serem visualizados os pontos de controle e marcas fiduciais;
- iii. Cuidado durante a projeção para que as marcas fiduciais (colocadas no modelo no momento da revelação do filme) não fiquem em regiões escuras do modelo, o que dificulta muito no momento de marcar o ponto central das marcas fiduciais, que devem ser alocadas com a máxima precisão possível;
- iv. O processo de revelação do filme também deve ser considerado, pois é necessário que este seja o Processo de Revelação E6, com secagem natural a frio e sem enrolamento dos negativos, facilitando a colocação dos negativos no scanner;
- v. Cuidado absoluto na marcação dos pontos de controle e das marcas fiduciais. Quanto aos pontos de controle observar cuidadosamente a marcação de acordo com a ordem certa dos quatro pontos de acordo com a figura. Com relação às marcas fiduciais, estas também devem ser rigorosamente alocadas na posição exata de

acordo com o que foi determinado na criação da câmara, pois uma troca de posição apenas é suficiente para não processar a calibração.

7.3 Processamento das imagens do prédio

7.3.1 Planejamento da tomada das fotos

O trabalho realizado com a câmara fotográfica em campo necessitou de um planejamento prévio em escritório, para que fossem determinadas as suas melhores posições em relação às fachadas a serem fotografadas.

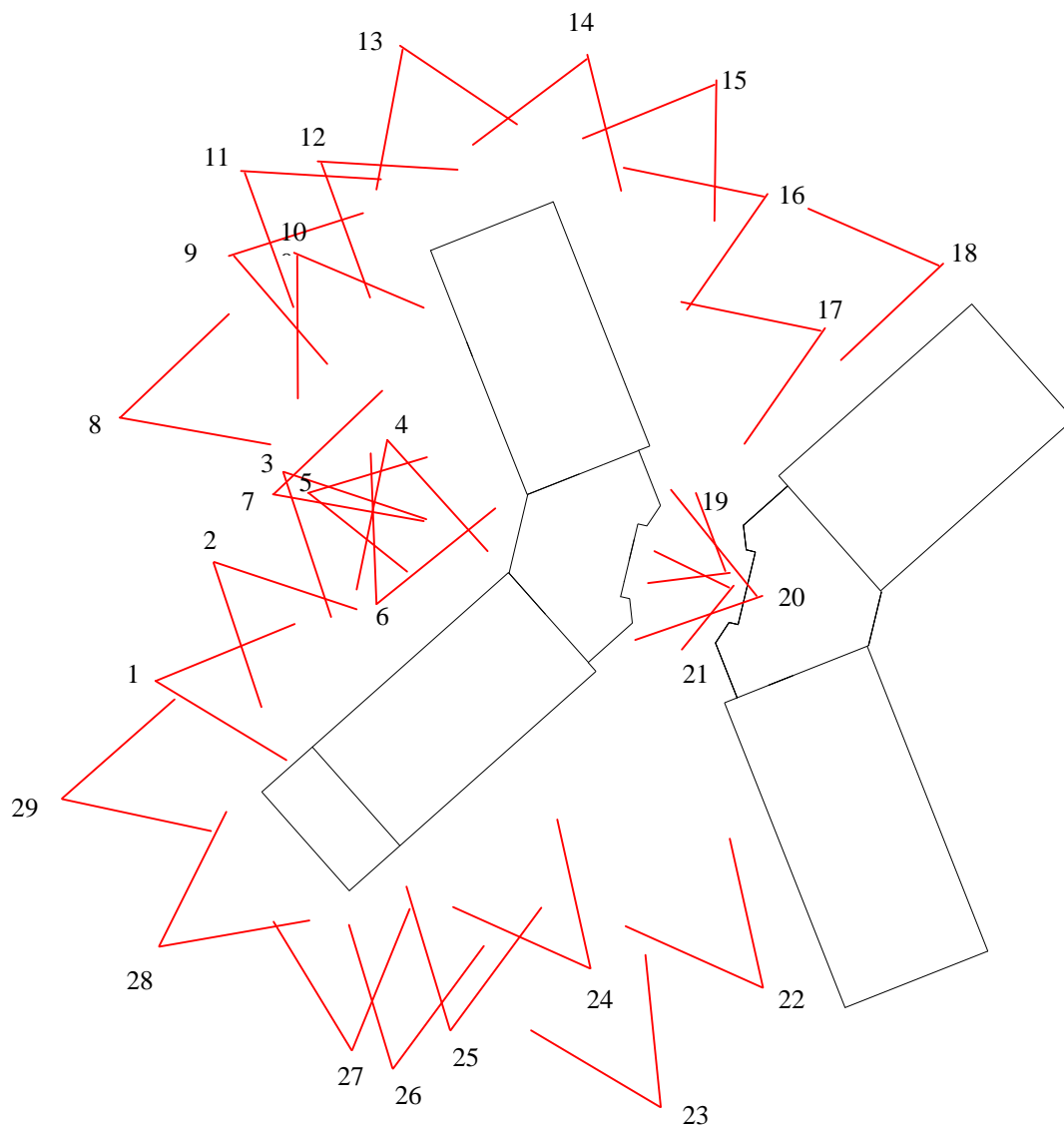


Figura 22 – Croquis desenvolvido com as posições aproximadas da câmara do lado externo do prédio

Para isso, desenharam-se *croquis* da edificação (figura 23) em escala reduzida, com dimensões aproximadas, e em torno distribuíram-se as diversas posições necessárias da câmara, obedecendo as distâncias câmara-objeto apropriadas, em torno de 8 metros, para obter-se fotografias com ângulos entre si próximos de 90° formando modelos convergentes, que posteriormente formarão as imagens p/ restituição do objeto em 3D.

Nesta fase deve-se observar com muita atenção cada detalhe contido na edificação, de modo que sejam contemplados em pelo menos três fotografias. Um ponto pode ser construído em três dimensões com apenas duas fotos, porém para maior precisão utiliza-se uma terceira foto para confirmação da posição exata do ponto no espaço. Ocorrem alguns casos em que não se tem três fotos de um mesmo ponto, como se pode observar mais adiante.

O trabalho no Photomodeler depende da natureza e qualidade das fotografias usadas. Para melhores resultados, alguns procedimentos básicos devem ser observados quando do posicionamento da câmara durante a tomada das fotografias:

- i. Usar os ângulos entre as tomadas o mais perto possível do ângulo reto (90 graus). Não fazer as fotografias com pontos de vista similares;
- ii. Obter, no mínimo, três fotografias do objeto ou cena. Tentar colocar todos os pontos importantes, sendo mostrados no mínimo em três fotografias. Para maior acurácia, tentar imagear todos os pontos em quatro ou mais fotografias;
- iii. Obter boa sobreposição dos modelos, fazendo com que haja uma alta percentagem de pontos presentes em modelos adjacentes;
- iv. Obter fotografias de ambas as sobreposições acima e abaixo do objeto;
- v. Obter várias fotografias do objeto mas usar somente quatro no início até que se determine ser necessário algumas outras;
- vi. Medir a distância entre dois pontos claramente visíveis.

O Photomodeler gera as posições em 3D dos pontos por projeção de linhas planas da posição da câmara, através do ponto no filme ou CCD e desloca para o espaço. Quando duas linhas retas iguais são usadas, a intersecção das linhas (figura 25) determina a posição do ponto.

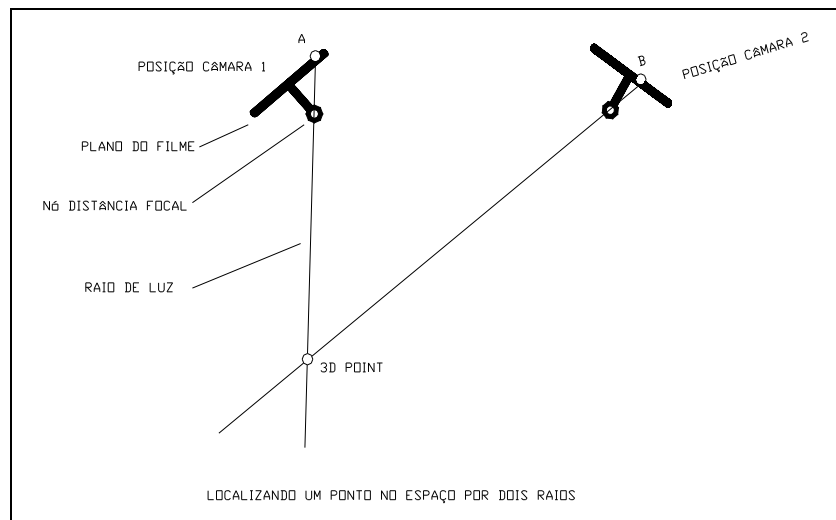


Figura 23 - Localizando um ponto no espaço por dois raios

Alguns exemplos de posicionamentos da câmara:

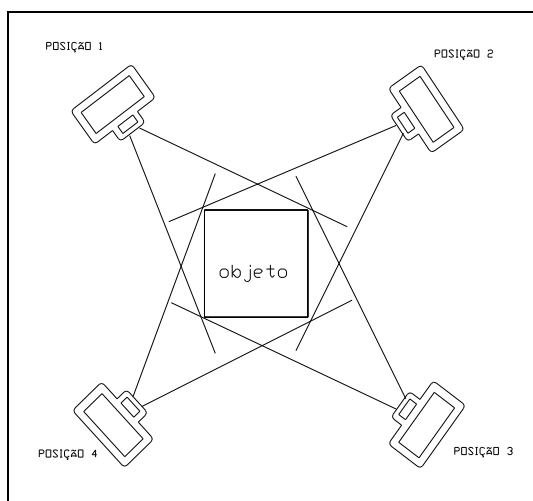


Figura 24 - Fotografando um objeto com
formato de caixa

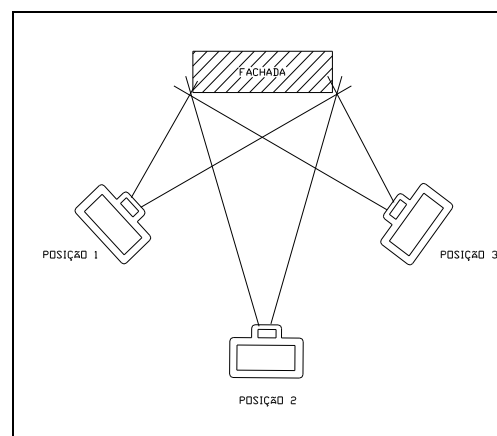


Figura 25 - Fotografando uma face
de um objeto

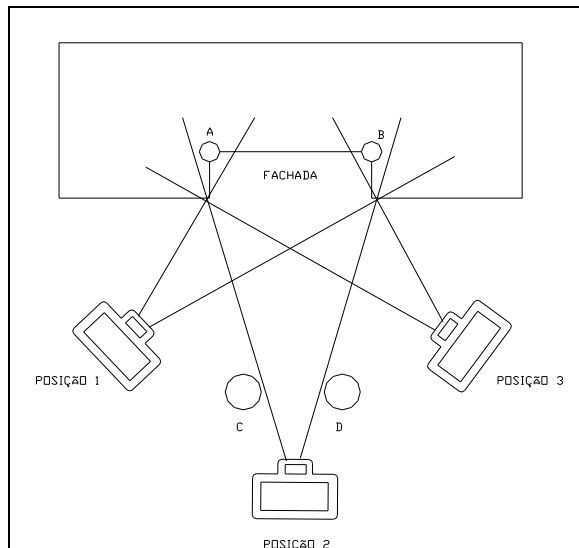


Figura 26 - Fotografando um nicho no objeto

7.3.2 Tomada das fotos

A tomada das fotografias segue o planejamento (citado no item 5.3.1), previamente desenvolvido em escritório para posicionamentos da câmara, de acordo com a numeração especificada como sendo a primeira posição da câmara o número 1 e assim por diante, até completar o cobrimento de todas as faces do prédio. Isso facilita em muito o trabalho no que se refere ao tempo consumido para tomada das fotos.

Um cuidado importante na tomada das fotos é a questão da incidência solar sobre as fachadas. Deve-se evitar, quando possível, a situação em que são produzidas muitas sombras que impedem a visualização dos detalhes, pois a região de sombras na imagem digitalizada torna-se mais escura que o restante. O ideal são as tomadas em dia nublado e claro, ou quando o sol está a pino.

7.3.3 Digitalização e Compressão

Foi utilizado 1 filme fotográfico de 30 poses (220) para o levantamento interno e externo do prédio. Depois de sensibilizado, este filme foi levado a um laboratório fotográfico para revelação e obtenção dos dispositivos, observando-se alguns cuidados para a realização desta tarefa, tais como:

- i. Revelação pelo processo E-6, próprio para este tipo de filme (Ektachrome);

- ii. Secagem natural a frio;
- iii. Manter o filme planificado, o que facilita no momento da escanerização.

Observando-se estes requisitos, pode-se minimizar ou mesmo evitar os problemas gerados pelo processo de revelação, obtendo-se um produto de melhor qualidade.

O filme revelado vem inteiro, ou seja, uma faixa com 30 diapositivos. Após uma pré-seleção, observando-se itens importantes como a presença das marcas fiduciais, dividiu-se o filme, de acordo com a capacidade do compartimento do scanner.

Os diapositivos do prédio, obtidos pelo processo de revelação E-6, foram digitalizados no Sistema de Escaneamento Fotogramétrico com *scanner* de precisão para filmes SCAI Zeiss (Capítulo IV, figura 9) com superfície de escanerização de 25 x 25 cm. Este scanner tem capacidade para escanerizar até 16 diapositivos no formato 4,5 x 5,6 cm, dispostos como uma matriz 4x4. A resolução espacial utilizada foi de aproximadamente 924 dpi na imagem, o que corresponde a um tamanho de pixel de 28 μ m.

Nestas condições cada imagem digitalizada gerou um arquivo de aproximadamente 15,4 Mb em extensão TIFF. Foram escanerizados 30 diapositivos, perfazendo um total de 460,2 Mb. É um arquivo de tamanho considerável, que ocupa um espaço muito grande na memória de disco do computador, sendo necessário fazer a conversão de extensão de arquivo para obterem-se imagens com tamanhos mais reduzidos.

O Photomodeler trabalha com as imagens no seu formato original (.TIF). A compressão das imagens é feita com o intuito de não ocupar espaço na memória do computador no que se refere ao armazenamento das imagens.

A compressão de arquivos de imagens digitais torna-se indispensável por causa de grandes volumes de dados gerados em cada imagem. É especialmente utilizada em aplicações onde imagens de tamanhos muito grandes e com alta qualidade, têm que ser arquivadas em um espaço de armazenagem muito limitado, o que torna difícil seu armazenamento e grande o tempo consumido na sua manipulação.

Uma solução típica é empregar algumas formas de compressão de dados. A técnica de compressão focaliza a redução do número de bits requeridos para representar uma imagem por remoção das redundâncias nas imagens.

Para uma imagem digital, atinge-se a razão máxima de compressão quando a imagem codificada resulta na razão bits por pixel igual à entropia (STORER, 1988).

A entropia é a medida de informação contida em uma imagem e expressa o número mínimo de bits necessários para a representação da imagem sem qualquer perda de informação. A entropia é uma medida global da correlação entre valores de cinza de pixels adjacentes (LYNCH, 1985).

Recentemente, um padrão internacional para compressão de fotografias e outros sinais contínuos de imagem, tem sido definidos e um deles é conhecido como Sistema JOIN PHOTOGRAPHIC EXPERTS GROUP, ou JPEG.

Assim, com o objetivo de minimizar o espaço de armazenamento no computador, as imagens escanizadas com extensão .TIFF, foram renomeadas para extensão .TIF e em seguida comprimidas no *software* Adobe Photoshop, no padrão JPEG, com média compressão, e resolução 5, sem comprometimento das informações geradas pelas imagens. Fez-se necessário renomear a extensão .TIFF, que é o padrão de saída do scanner, para .TIF pois, aquele não é lido em outro programa de imagens como o Adobe Photoshop, por exemplo. Uma vez comprimidas, cada imagem ficou com tamanho aproximado de 300 Kbites, resultando em um arquivo de 900 Kbites para o conjunto das 30 imagens do prédio. Estas imagens foram então, gravadas em um CD como *backup* para arquivamento.

7.3.4 Processamento das Imagens no Photomodeler

Nesta etapa os dados digitalizados foram manipulados e processados no Photomodeler para gerar o modelo 3D retificado da edificação.

O Photomodeler (Sistema Fotogramétrico Analítico-Digital Convergente para Curta Distância) é um programa que extrai dados, medições e modelos em 3D a partir de fotografias. Qualquer objeto que pode ser fotografado pode também ser modelado, e os

modelos são dimensionalmente acurados e detalhados permitindo que sejam extraídas as medidas de interesse.

O processo de retificação no Photomodeler ocorre em conjunto com a restituição, que é o resgate das feições do objeto. Ao mesmo tempo em que está restituindo a edificação, o Photomodeler ajusta o modelo a um sistema de projeção ortogonal. (MARTINS, 1997)

Pode-se dizer que a retificação de uma fotografia é a transformação de sua perspectiva em um sistema de coordenadas planas (ERDAS, 1991).

À projeção ortogonal dos pontos presentes em uma foto sobre uma superfície de referência dá-se o nome de retificação, sendo a ortofoto o produto gerado por este processo.

A maior qualidade do Photomodeler é oferecer capacidades poderosas da fotogrametria para não-fotogrametristas em um ambiente Windows, fácil de usar.

No campo da arquitetura e planejamento, o software Photomodeler pode ser usado para:

- i. Documentar estruturas antigas para preservação e conservação;
- ii. Gerar modelos espaciais (3D) para visualização e estudos;
- iii. Gerar desenhos de elevação de estruturas existentes;
- iv. Gerar fotografias retificadas das fachadas;
- v. Produzir modelos espaciais foto-texturados.

Para usar o Photomodeler devem-se ter fotos sobrepostas de uma cena ou um objeto. As fotos são digitalizadas e mostradas na tela do computador onde são marcadas as feições de interesse. Após as fotos serem corretamente marcadas, são processadas e o Photomodeler constrói o modelo em 3D. As marcas nas fotos tornam-se pontos, linhas ou superfícies em um espaço tridimensional. Depois de o modelo ser produzido, medições acuradas podem ser tiradas e o modelo pode ser exportado para o programa de edição tipo CAD e Microstation 95 que trabalham em 3D, bem como para visualização, como a Linguagem para Modelagem de Realidade Virtual - VRML. (EOS SYSTEMS INC, 1997)

O Photomodeler Pro 3.0 roda na plataforma Windows 95 ou Windows NT 4.0 e aceita fotos digitalizadas de uma variedade de fontes, incluindo câmaras de filme, eletrônicas e de vídeo.

Sempre que necessário, foi feita a interação entre os softwares Photomodeler, AutoCAD e Microstation. Sendo que nos dois últimos foi feito o acabamento final do modelo restituído, visto que algumas feições em certos casos não são possíveis de serem restituídas devido à posição em que se encontram (atrás de vegetação, encobertas por algum detalhe da própria edificação, etc.)

Estudos realizados em trabalhos anteriores (WESTPHAL, 1999), verificou-se que o Photomodeler apresenta erros ao trabalhar com muitas imagens ao mesmo tempo, devendo-se dividir a área de estudo em vários projetos, sendo que cada um representa uma fachada ou um seguimento de fachada.

Desta forma, o prédio foi subdividido em 6 projetos externos (figura 28), sendo que cada projeto foi processado contendo o seguinte número de imagens:

PROJETOS EXTERNOS	NÚMERO DE IMAGENS
Plano AB - sul	4
Plano CD - sul	5
Plano E - sul	2
Plano AB - norte	4
Fachada principal - norte	5
Plano DE - norte	4

Tabela 3 – Projetos das fachadas do prédio desenvolvidos no Photomodeler

Foram obtidas 29 fotografias do prédio, sendo que foram utilizadas 24 deste total, devido ao fato de que algumas fotografias não apresentaram ângulos de convergência suficiente para a demarcação de pontos comuns.

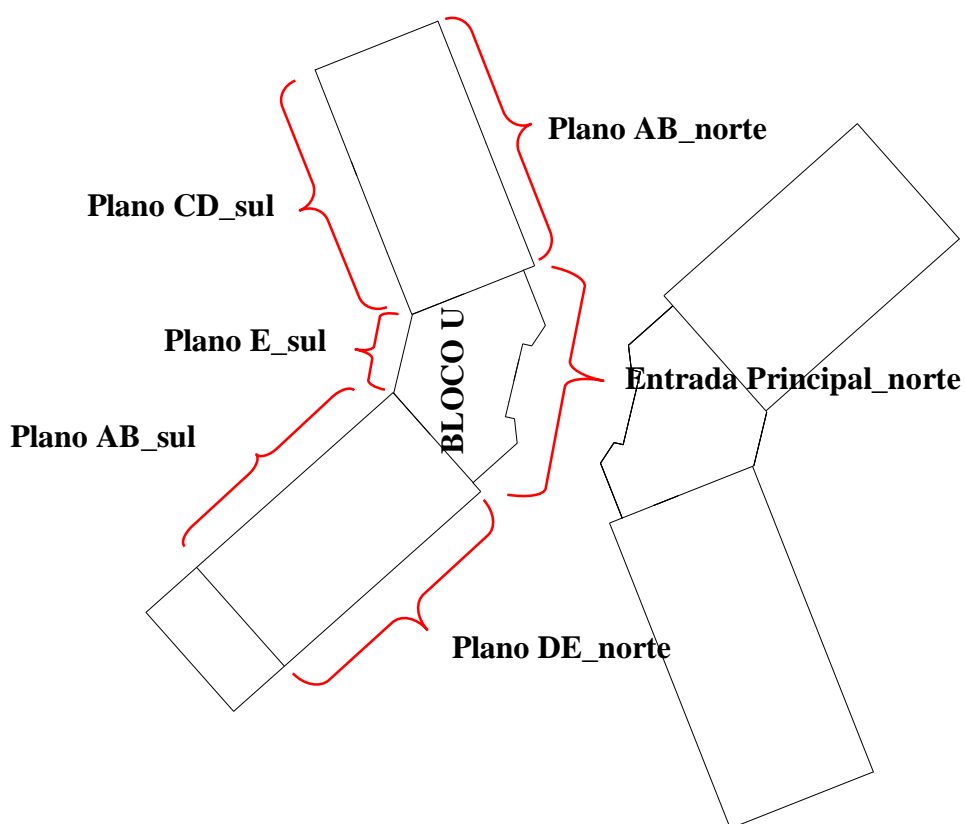


Figura 27 – Esquema de localização dos projetos das fachadas.

Para realizar o trabalho de modelagem propriamente dito, além da câmara calibrada, foram necessários alguns passos desenvolvidos dentro do software Photomodeler:

- i. Criação de um novo projeto:

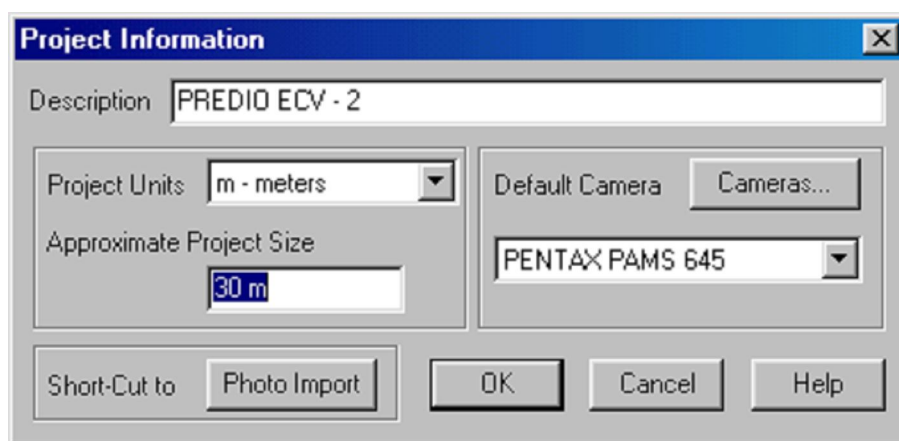


Figura 28 - Caixa de diálogo no Photomodeler apresentando novo projeto.

A caixa de diálogo da figura 29 apresenta informações gerais sobre o projeto como definição do tamanho aproximado do projeto (objeto) e unidade de medida, bem como a descrição dos parâmetros da câmara que foi utilizada.

- ii. Transferência do arquivo de imagens para o novo projeto;

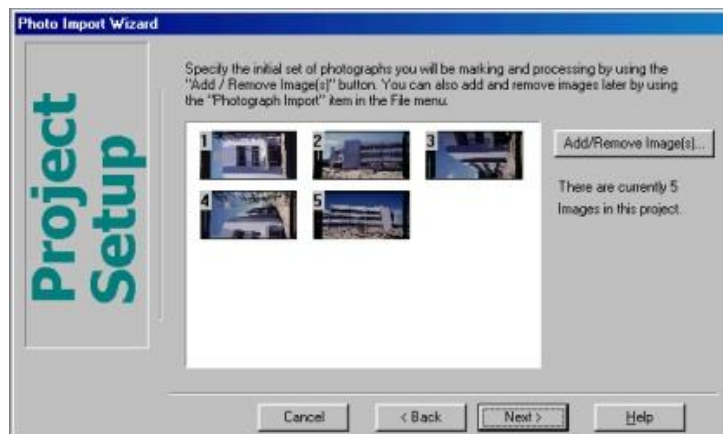


Figura 29 - Importação das fotos no Photomodeler que compõem o novo projeto.

- iii. Identificação das marcas fiduciais em cada fotografia;



Figura 30 - Fotografia aberta no novo projeto no Photomodeler na qual foram identificadas as marcas fiduciais.

iv. Marcação das feições em cada fotografia:

Para cada fachada foram obtidas fotografias convergentes de modo a obter-se a restituição no Photomodeler e sobre cada foto de mesma cena foram marcadas todas as feições e detalhes necessários.

v. Referenciamento dos pontos comuns em mais de uma fotografia;

As feições marcadas em uma fotografia são referenciadas nas demais que compõem a cena (figura 32), de modo a possibilitar que o programa, após processamento, faça a orientação da foto e o reconhecimento da posição dos pontos no espaço.



Figura 31 - Fotografias referenciadas entre si identificando as feições da edificação.

As fotos 9 e 11 da figura 32 são respectivamente as fotografias tomadas nas posições 17 e 20, conforme planejamento das fotos apresentado na figura 23 da página 57.

vi. Processamento dos pontos marcados:

O processamento dos pontos marcados e referenciados nas fotografias é realizado em dois estágios: primeiramente o Photomodeler executa uma auditoria dos pontos, descrevendo a situação quanto à qualidade global (pontos e fotografias do projeto), qualidade das fotografias (convergência, fiduciais, pontos por foto) e qualidades dos pontos (raio, ângulo médio de intersecção); em seguida é realizado o ajustamento no qual o Photomodeler percorre um algoritmo iterativo para construir o modelo em 3D, ajustando as posições e ângulos das estações da câmara e a posição dos pontos marcados em cada iteração, de acordo com a posição correta no espaço.

vii. Visualização do modelo gerado em ambiente 3D no Photomodeler:

Após o processamento, obtém-se uma visão parcial do modelo em 3D (figura 33), identificado por pontos e linhas construído à medida que são marcados e referenciados os pontos sobre as feições do objeto nas fotografias.

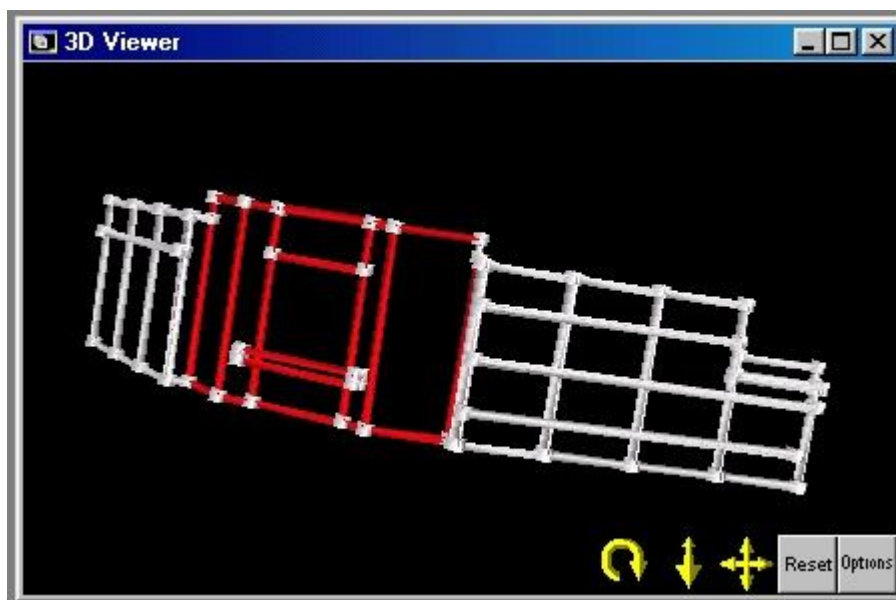


Figura 32 - Visualização tridimensional do modelo gerado no Photomodeler, identificando linhas e pontos.

Sobre este modelo de linha da figura 33, aplica-se a textura característica da fotografia que contém a respectiva fachada, conforme pode ser visualizado na figura 34.



Figura 33 - Aplicação de textura ao modelo tridimensional

Na figura 34 é visualizada a entrada principal do prédio, que compõe a fachada norte em ambiente 3D com aplicação de textura foto-realística, como resultado do processamento das fotografias 19, 20 e 21 da página 57.

viii. Adicionar escala e rotação ao modelo:

O modelo gerado pelo Photomodeler, uma vez ajustado pelo processamento, apresenta distâncias proporcionais entre si. No entanto, é necessário que se atribua um fator de escala para que seja possível efetuar medidas sobre o modelo, compatíveis com o objeto real.

Para atribuir um fator de escala ao modelo, são identificados três pontos distantes entre si sobre a fotografia (pontos 65, 67 e 74) cujas feições foram marcadas e referenciadas, conforme mostrado na figura. Simultaneamente foram marcados dois pontos que definem somente escala (pontos 68 e 69). Também foram definidos os eixos de rotação, tendo a origem no ponto 68, eixo X ligando os pontos 68 e 69, eixo Y ligando os pontos 68 e 65. Os eixos de rotação auxiliam no momento em que o modelo é exportado para o AutoCad, orientando os eixos do modelo de forma que coincidam com os eixos coordenados no AutoCad.

Este procedimento de definição de escala e rotação foi necessário para cada um dos projetos criados no Photomodeler, antes de exportar o modelo.

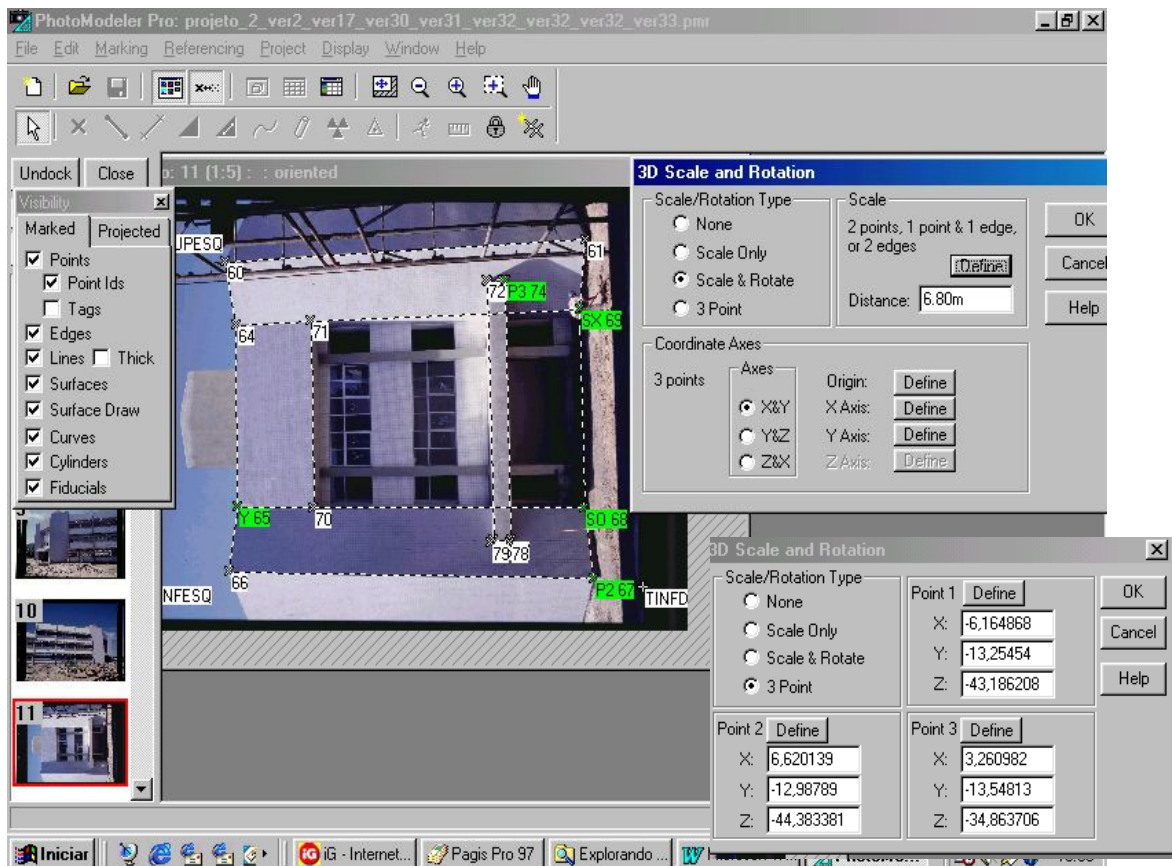


Figura 34 – Identificação de escala e rotação ao modelo.

Na figura 35 é apresentada a foto 11 que corresponde à tomada 20 da página 57. Sobre esta foto são definidos os pontos para inserir escala e rotação ao modelo.

ix. Exportação das imagens como ortofoto:

As imagens restituídas no Photomodeler foram exportadas como ortofotos e salvas como arquivos JPEG, para serem visualizadas em um software de tratamento de imagens como o Paint Shop Pro 6.0 e Adobe Photoshop.

O Photomodeler não permite a edição na imagem e tudo o que está dentro da área imageada pela foto é exportado, como se pode observar na figura 36, a presença de um andaime de construção na lateral da imagem.



Figura 35 - Ortofoto gerada e exportada pelo Photomodeler, visualizada no Paint Shop Pro 6.0. (Representa a entrada principal do prédio - bloco U, como parte das imagens que compõem a fachada norte completa).

Todos os passos mencionados acima estão descritos com maior riqueza de detalhamento no Trabalho de Conclusão de Curso da autora, (MARTINS, 1997) apresentado a uma banca examinadora, para obtenção do título de Engenheiro Civil.

7.3.5 Tratamento digital das imagens exportadas como ortofotos

As imagens processadas no Photomodeler foram exportadas e salvas como arquivo de extensão JPEG que puderam ser visualizadas em *softwares* de tratamento de imagem como o Adobe Photoshop 3.0 e o Paint Shop Pro 6.0. Utilizaram-se os recursos disponíveis nestes softwares para fazer a edição das imagens, modificando rotação e unificando imagens que compõem uma fachada. Procurou-se manter as características das ortofotos exportadas, implementando apenas alguns detalhes que não puderam ser resgatados no momento da restituição.



Figura 36 - Imagem trabalhada no Adobe Photoshop para retirada do andaime na lateral direita.

Na ortofoto da figura 36 pode-se observar parte de um andaime instalado no local que ficou dentro da área de imageamento da câmara. E no momento da restituição da foto, permaneceu visível. Neste caso, o software de tratamento de imagem foi utilizado para que se pudesse recuperar a região da imagem (figura 37) retirando o andaime.

Ao final da edição obtiveram-se, como resultado, os seguimentos de ortofotos que juntos compõem cada fachada. A composição de ortofotos foi necessária devido à característica da edificação: apresentar grandes dimensões, o que impede que seja capturada toda a fachada em uma única foto a uma distância possível de identificar os detalhes das feições do objeto.

Desta forma foram geradas as seguintes ortofotos identificadas como planos (posicionados nas fachadas norte e sul, conforme mostrado na figura 28):

FACHADA NORTE		FACHADA SUL	
PlanoI_norte	Plano AB_norte	PlanoI_sul	Plano
PlanoII_norte		PlanoII_sul	AB_sul
PlanoIII_norte	FachadaPrincipal_ norte	PlanoIII_sul	Plano E_sul
PlanoIV_norte		PlanoIV_sul	Plano
PlanoV_norte		PlanoV_sul	CD_sul
PlanoVI_norte	Plano		
PlanoVII_norte	DE_norte		

Tabela 4 - Identificação dos planos nas fachadas

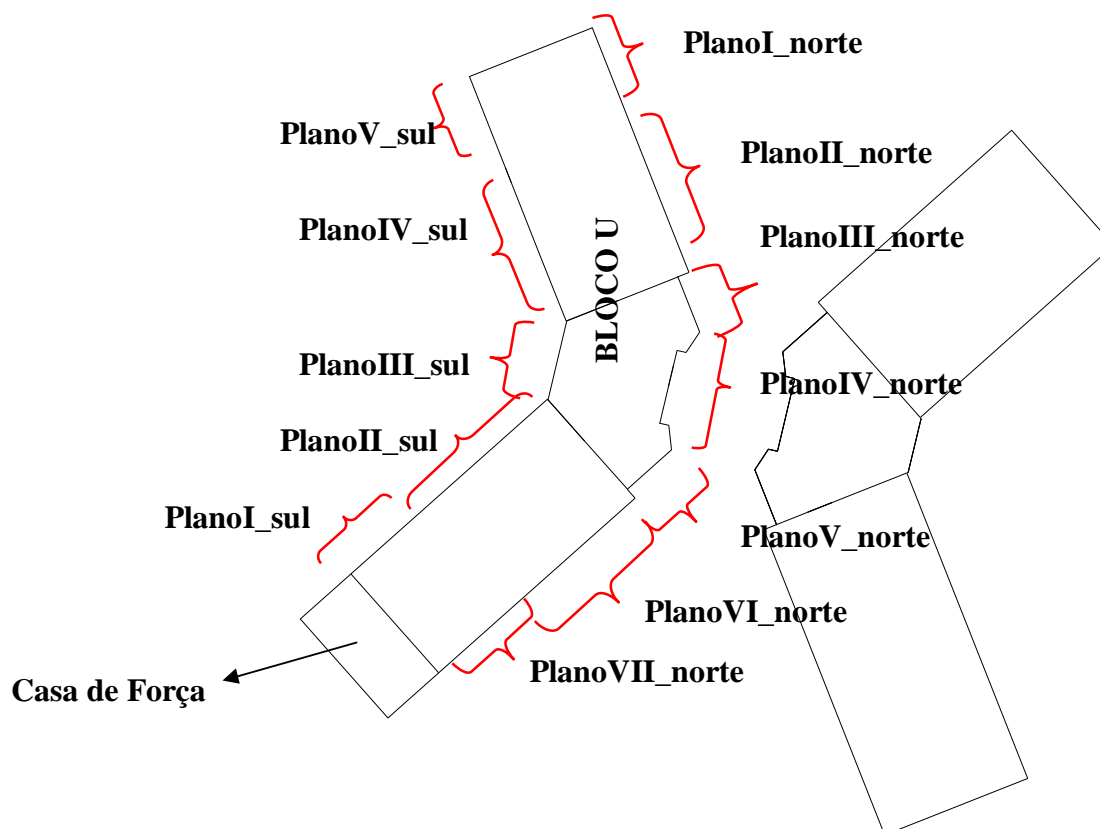


Figura 37 – Esquema de localização dos projetos das fachadas.

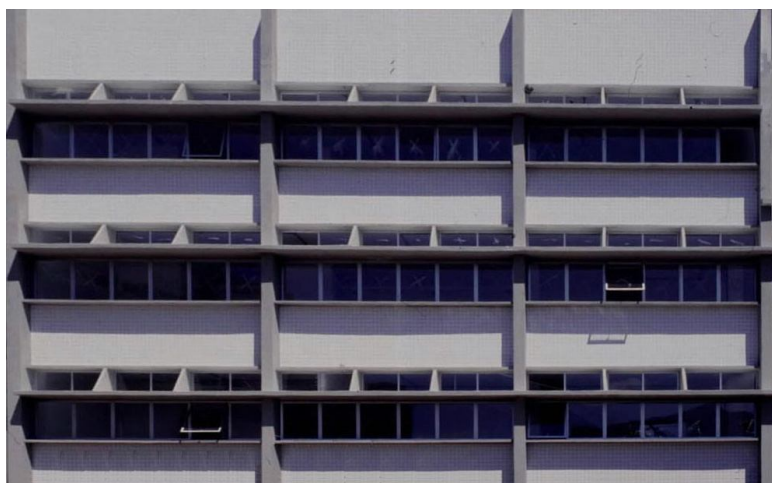


Figura 38 – PlanoII_norte

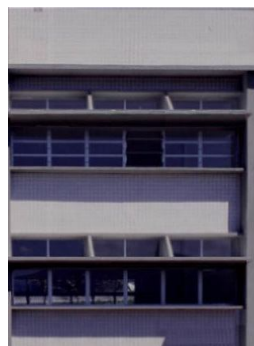


Figura 39 – PlanoI_norte



Figura 40 – PlanoV_norte



Figura 41 – PlanoIV_norte



Figura 42 – PlanoIII_norte



Figura 43 – PlanoVII_norte

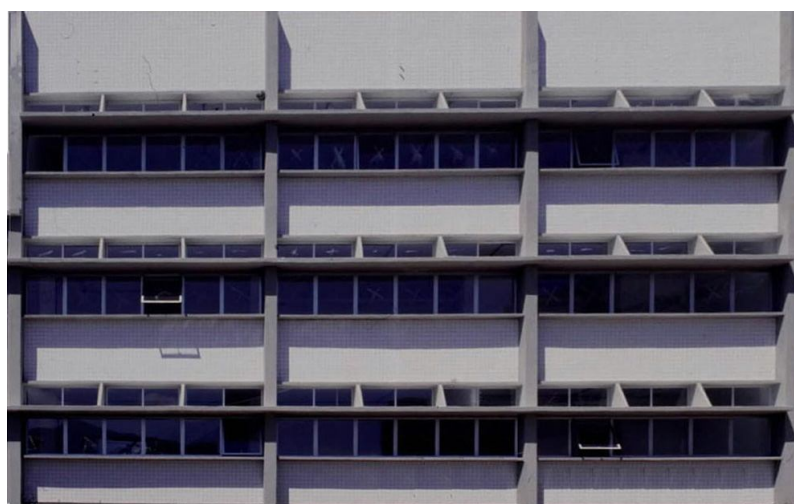


Figura 44 – PlanoVI_norte

As figuras 44 e 45 compõem o plano DE_norte da tabela 4. Confrontando-se estas duas figuras com a figura 38, observa-se uma das extremidade do prédio fora dos limites definidos pelos planos, que é a casa de forças. Esta parte do prédio foi um complemento ao projeto original, construído após a tomada das fotos. Portanto, não são visualizadas junto à figura 44.

Porém, a complementação com a casa de forças é perfeitamente possível com a tomada de novas fotos desta parte, e inserida ao projeto para restituição e obtenção da ortofoto.

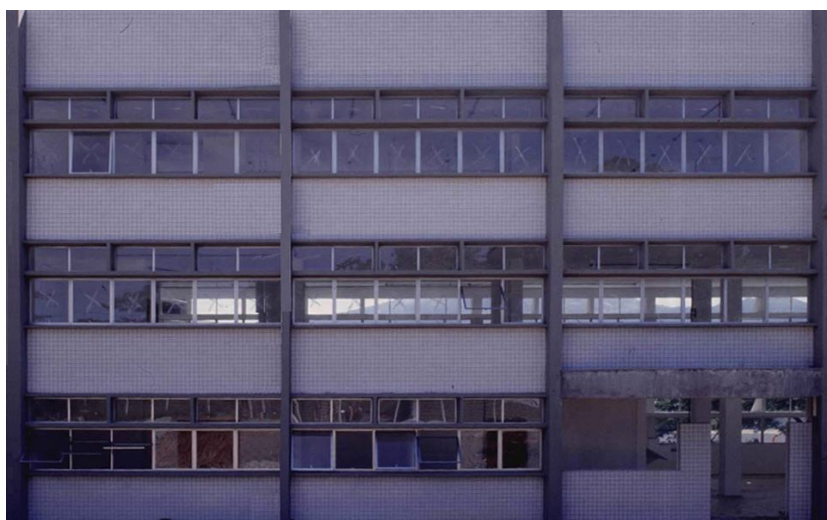


Figura 45 – PlanoII_sul

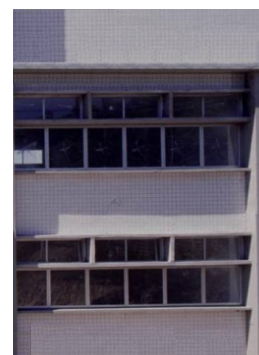


Figura 46 – PlanoI_sul

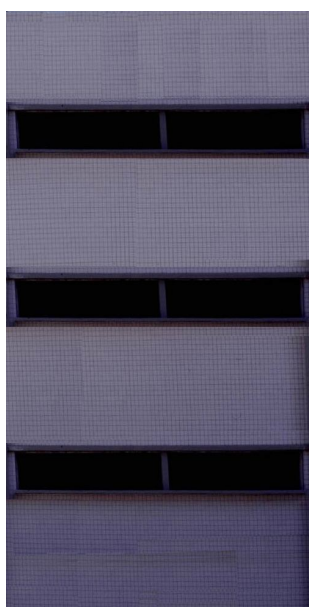


Figura 47 – PlanoIII_sul

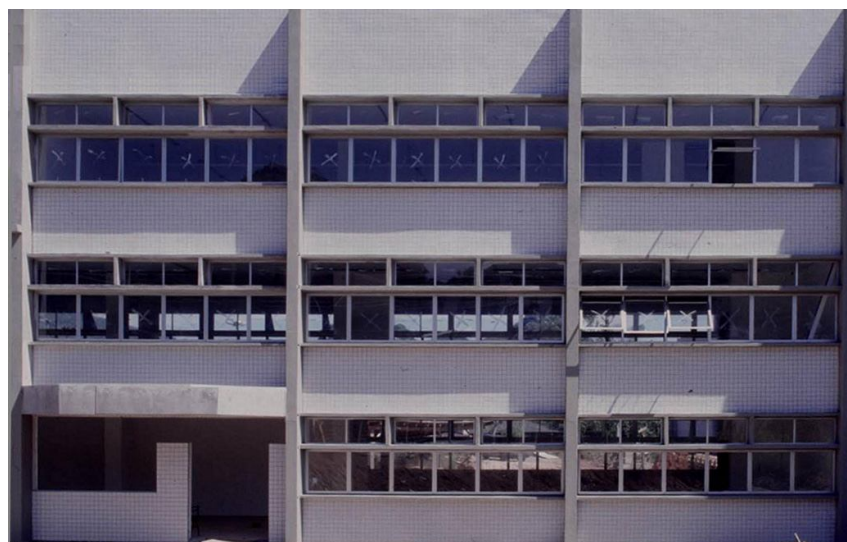


Figura 48 – PlanoIV_sul

Figura 49 - PlanoV_sul

7.3.6 Elaboração do modelo vetorial do prédio em 3D (AutoCAD)

O processamento das fotos de cada plano do objeto (prédio ECV) no Photomodeler gerou como resultado modelos de arame tridimensionais (figura 33). Estes modelos foram exportados para o AutoCad, sendo previamente definidas escala e rotação. Com o auxílio destes modelos foi desenvolvido o modelo vetorial, com definição das coordenadas em cada ponto.

O prédio ECV foi construído, tendo como base os projetos arquitetônicos e complementares desenvolvidos pelo ETUSC. Porém na execução, principalmente do projeto arquitetônico (tomado como base para o modelo vetorial) as medidas não foram rigorosamente atendidas.

Com isso, foi necessário um ajuste de algumas medidas no projeto arquitetônico desenvolvido no AutoCad (2D), de acordo com as restituições feitas através do Photomodeler, para atender ao que representa o objeto real.

Ajustado o projeto arquitetônico (planta baixa), foi desenvolvido o modelo vetorial em três dimensões, utilizando-se os recursos de construção de objetos tridimensionais do AutoCad. As linhas em planta baixa foram transformadas em regiões fechadas (parede, janela, portas, pilares) através do comando “*region*”. Em seguida, estas regiões foram transformadas em

blocos verticais isolados (parede, janela, portas, pilares, etc) utilizando o comando “*extrude*” (figura 51). O conjunto destes blocos constituiu o modelo vetorial em 3D do prédio apresentado na figura 52. As alturas também foram auxiliadas pelas medidas obtidas da restituição no Photomodeler.

Para facilitar a construção do modelo, a cada elemento distinto foi designado uma “*layer*” diferente, permitindo que a todo o momento se pudesse ativar e desativar algumas camadas.

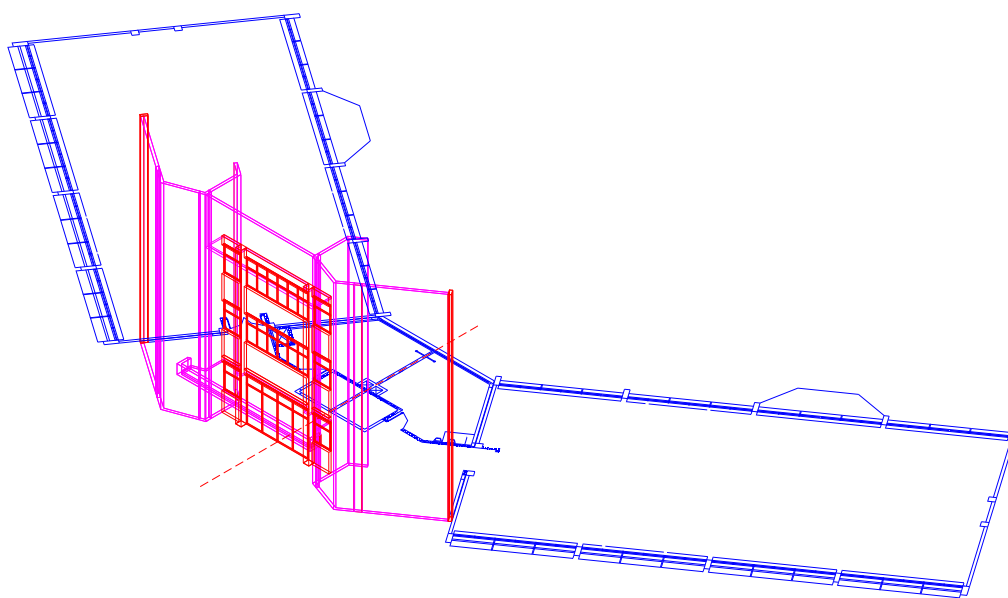


Figura 50 – Planta baixa do projeto arquitetônico apresentando a fachada principal (entrada do prédio) estendida sendo transformada em sólidos.

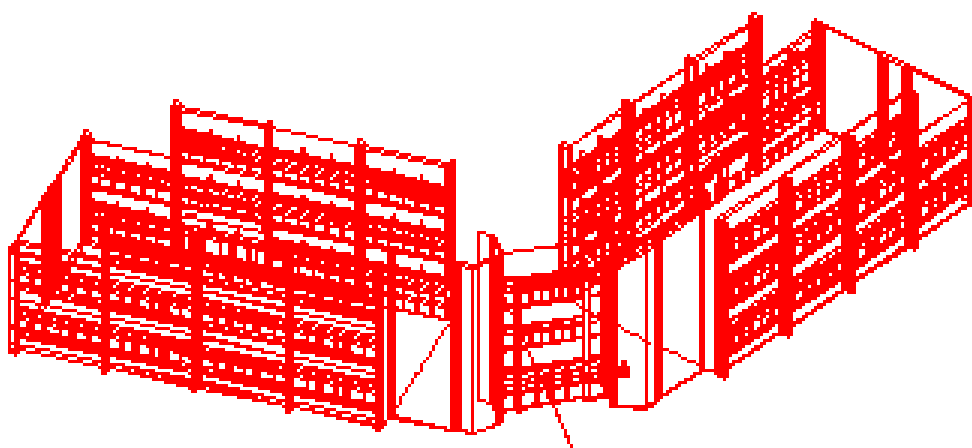


Figura 51 – Modelo vetorial do prédio gerado no AutoCad a partir da planta baixa do projeto arquitetônico.

7.3.7 Sobreposição das ortofotos ao modelo vetorial (Microstation)

O modelo vetorial gerado no AutoCAD foi aberto no Microstation para a realização de algumas etapas que permitissem a sobreposição com as ortofotos.

Primeiramente, a cada um dos planos (figura 38) foi associada uma *shape* contornando-os pelos pontos extremos. Todas as 12 *shapes* criadas estão no mesmo nível (*level* = 62), porém a cada uma foi atribuída uma cor diferente (números distintos), conforme mostra a figura 53.

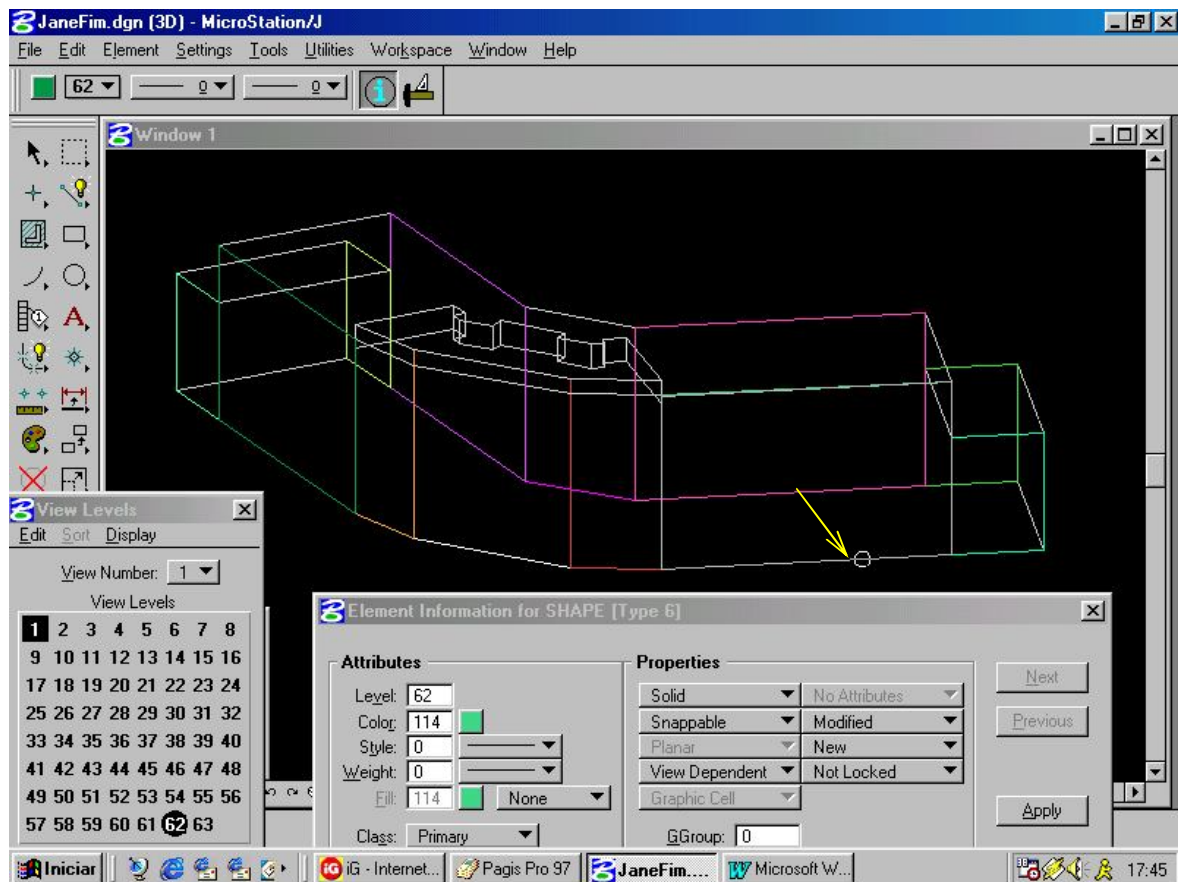


Figura 52 – Contorno dos planos das fachadas com *shapes* de cores diferentes.

Na tabela 5 estão todas as *shapes* criadas sobre os planos e suas respectivas cores:

FACHADA	CAMADA (<i>shape</i>)	NÍVEL (<i>level</i>)
PlanoI-norte	119	
PlanoII-norte	114	62
PlanoIII-norte	14	62
PlanoIV-norte	6	62
PlanoV-norte	32	62
PlanoVI-norte	113	62
PlanoVII-norte	112	62
PlanoI-sul	70	62
PlanoII-sul	202	62
PlanoIII-sul	5	62
PlanoIV-sul	230	62
PlanoV-sul	94	62

Tabela 5 - Planos das fachadas com suas respectivas *shapes*.

A etapa seguinte, após a definição das *shapes*, é a atribuição de material para a renderização com textura foto-realística, através dos comandos *Setting – Rendering – Define Materials*, onde são adicionados os materiais das doze fachadas (figura 54) atribuindo-lhes aos mesmos os nomes dos planos.

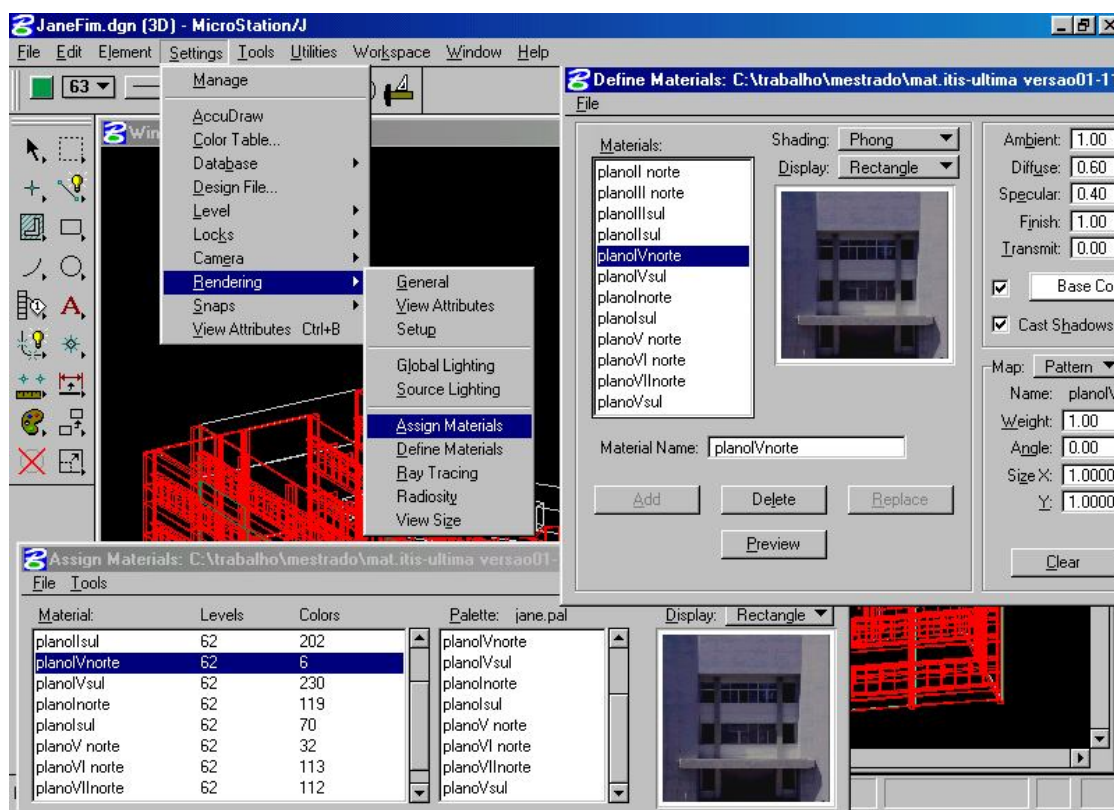


Figura 53 – Definição dos materiais para renderização com textura foto-realística.

Os materiais são as ortofotos das fachadas obtidas a partir do processamento no Photomodeler e foram chamadas: planoI_norte.JPG, planoII_norte.JPG, planoIII_norte.JPG, planoIV_norte.JPG, planoV_norte.JPG, planoVI_norte.JPG, planoVII_norte.JPG, planoI_sul.JPG, planoII_sul.JPG, planoIII_sul.JPG, planoIV_sul.JPG, planoV_sul.JPG.

Em seguida, ativam-se os comandos *Setting – Rendering – Assing Materials* para atribuir a cada material (ortofotos) o nível e a cor da *shape* respectiva. Desta forma, no momento da renderização final do modelo, é reconhecido em cada plano, definido anteriormente, seu material respectivo, como é apresentado na figura 55.

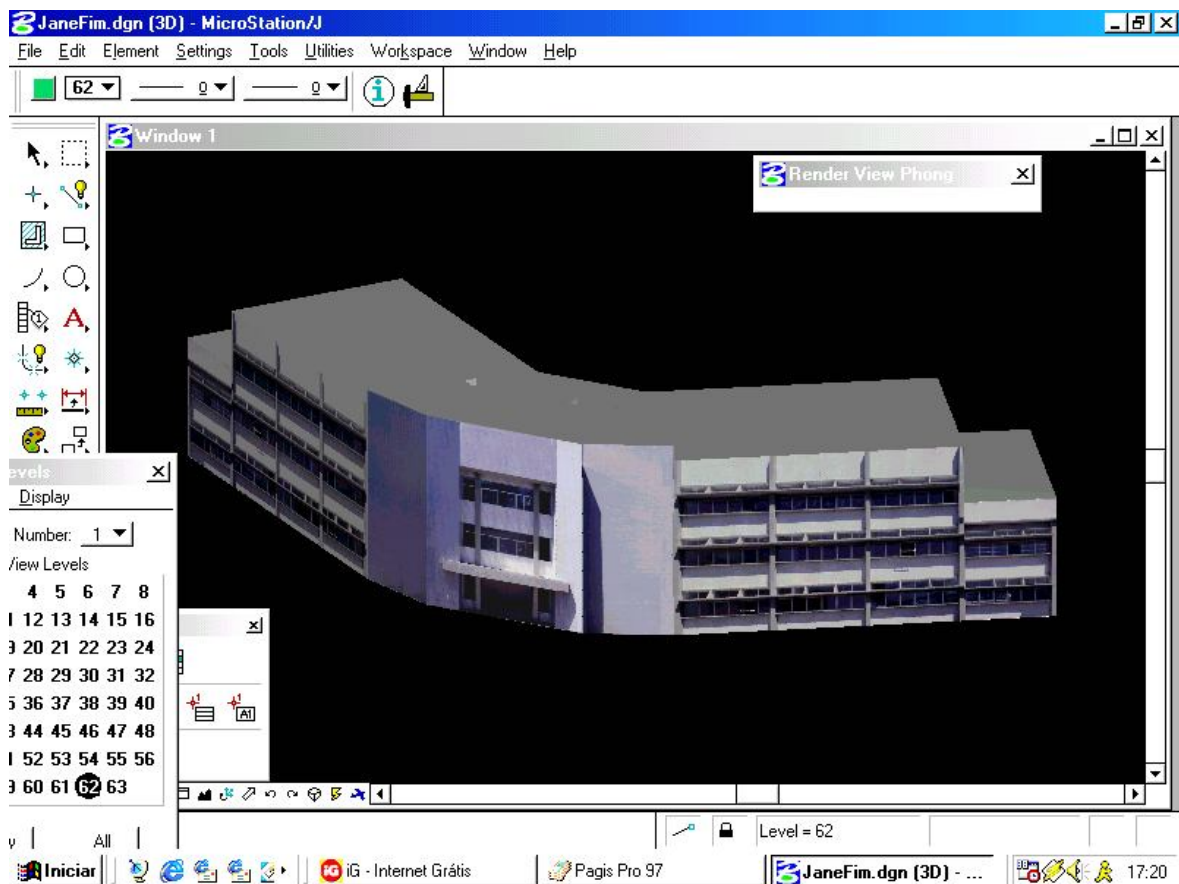


Figura 54 – Modelo 3D do prédio renderizado no Microstation com material das ortofotos.

7.3.8 Conexão dos Dados Tabulares aos Dados Gráficos em Meio Digital

Para a conexão de uma entidade de um arquivo gráfico (arquivo dgn - *MicroStation*) com um banco de dados (banco de dados mdb - *Access*), é necessário que todos os arquivos gráficos estejam prontos, enquanto que o banco de dados não necessita estar completamente concluído.

Além dos programas citados, é necessária a utilização de outro aplicativo auxiliar da *Microsoft*: o Administrador de fonte de dados *ODBC*, que é uma interface de programação que permite ao usuário a comunicação de um aplicativo a um banco de dados o qual utilize *Structured Query Language* (SQL) com padrão de acesso de dados.

Para executar a conexão devem-se fazer configurações nos três programas:

- i. Primeiramente criar o banco de dados no *Access*;
- ii. Em seguida configurar o *ODBC*;
- iii. E finalmente fazer o link no *MicroStation*.

Os procedimentos foram executados na seguinte ordem:

1. No programa *Access* criou-se um novo banco de dados (vazio) chamado SIPECV.mdb. Dentro do novo banco de dados, foram criadas novas tabelas (na guia tabelas) através dos comandos *Novo/Modo estrutura*, como visto a seguir (Figura 56):

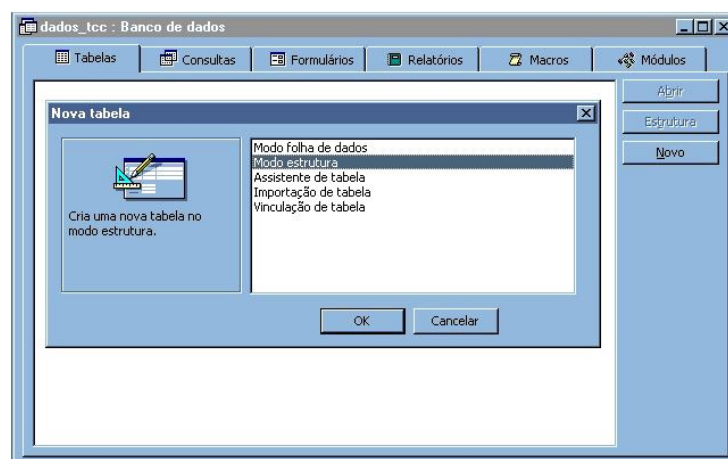


Figura 55 - Criação de uma tabela dentro do banco de dados no programa Access

Fonte: Wanka (1999)

Foram criadas para este banco de dados as seguintes tabelas, cada uma contendo informações específicas dos diversos elementos construtivos da edificação, para consulta:

1. cobert: Cobertura;
2. evbald: Estrutura – Vigas de baldrame;
3. elfarcond: Instalações elétricas – Força e ar condicionado;
4. elilum: Instalações elétricas – Iluminação;
5. eltelog: Instalações elétricas – Telefonia e lógica;
6. esgext: Instalações de esgoto – Externo;
7. esgsanit: Instalações de esgoto – Sanitários;
8. janelas: Esquadrias – Janelas;
9. portas: Esquadrias – Portas;
10. et2pav: Estrutura – Teto segundo pavto;
11. et3pav: Estrutura – Teto terceiro pavto e reservatório superior;
12. etpterr: Estrutura – Teto pavto térreo;
13. fblfund: Fundações – Blocos de fundações;
14. festaq: Fundações – Estaqueamento;
15. hidsan: Instalações Hidro-sanitárias;
16. instpluv: Instalações pluviais;
17. paredes: Paredes;
18. pavim: Pavimentação;
19. previnc: Instalações Preventivas de Incêndio;
20. projecv: Pranchas projetos Prédio ECV.

No modo estrutura das tabelas que foram criadas, preenche-se em “Nome do campo” o nome das colunas de cada tabela. Em “Tipos de dados”, deve-se informar qual o tipo de dados que será armazenado naquela coluna. A primeira coluna de cada tabela é reservada para os códigos de ligação (chave primária para o *Microsoft Access*) das linhas da tabela com as feições gráficas. Este código é chamado *mslink* e consiste de uma série numérica crescente a partir do número 1, para a primeira linha, terminando na última linha da tabela, correspondendo cada número a uma feição gráfica. Cada tabela individualmente agrupa as características de um tema, as quais são ordenadas em colunas de atributos (Figura 57).

O nome da coluna não deve conter espaços, acentos, letras maiúsculas e tenta-se abreviar ao máximo a palavra. Por exemplo, no caso que se queira designar uma coluna com as palavras “Áreas construídas”, substitui-se por “area_const”. Aceita-se as alterações na

estrutura da tabela e a criação da chave primária. Substitue-se o campo código por *mslink*. Fecha-se o arquivo, salvando as alterações.

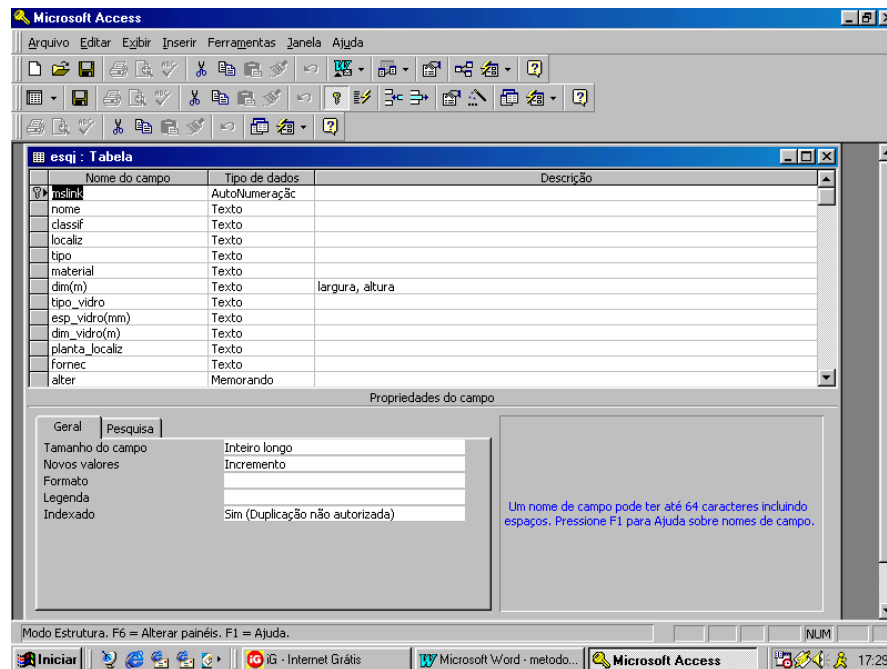


Figura 56 - Colunas de atributos que armazenam os dados tabulares

Fonte: Wanka (1999)

7.3.8.1 Configuração do Administrador de Fonte de Dados – Microsoft ODBC

Abre-se o aplicativo *ODBC* (*Odbc.exe*, *Odbc32.exe* ou simplesmente *Odbc*, selecionando o arquivo executável). Na pasta NFD do usuário, em *Adicionar*, cria-se uma nova fonte de dados do usuário. Esta fonte de dados *ODBC* armazena informações sobre como conectar-se ao fornecedor de dados especificado. Escolhe-se o Driver para o *Microsoft Access* (*.mdb).

Dá-se um nome para a fonte de dados, que será a *conect string* no *MicroStation*, e seleciona-se o banco de dados que foi criado no *Access* (SIPECV.mdb), como mostra a figura 58:

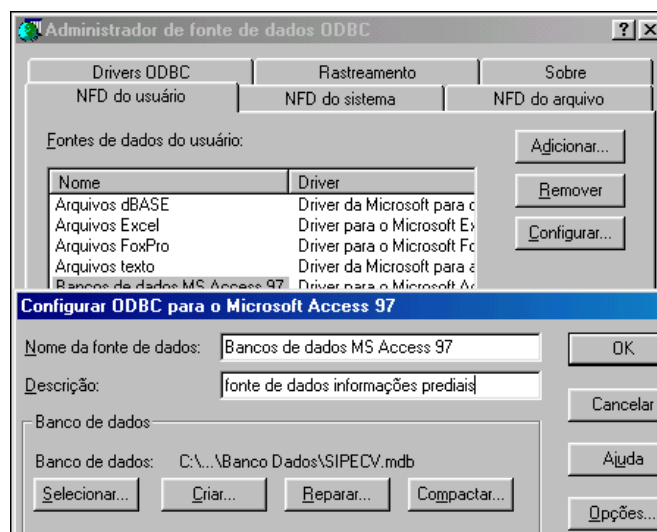


Figura 57. Criação de uma nova fonte de dados dentro do programa ODBC

7.3.8.2 Configuração do Programa CAD – MicroStation J

No menu principal, dá-se o comando *settings/database/connect*. Escolhe-se ODBC como o *database server* e preenche-se em *connect string*, o nome para a fonte de dados (SIPECV.mdb). Após a confirmação destes comandos surge uma caixa de diálogo alertando que não estão criadas as tabelas *mscatalog* e *msforms*. Para a criação destas tabelas deve-se acionar o comando *settings/database/setup*.

Aparece um quadro que é a tabela *mscatalog*. É nesta tabela que foram catalogadas todas as tabelas criadas no Access referentes ao banco de dados criado – SIPECV.mdb.

Para adicionar as tabelas aciona-se o comando *table/add to mscatalog* na janela de diálogo do Mscatalog. Aparece todas as tabelas do banco de dados. Deve-se selecionar a tabela desejada e preencher *entity number* com um número diferente do número utilizados por outras tabelas.

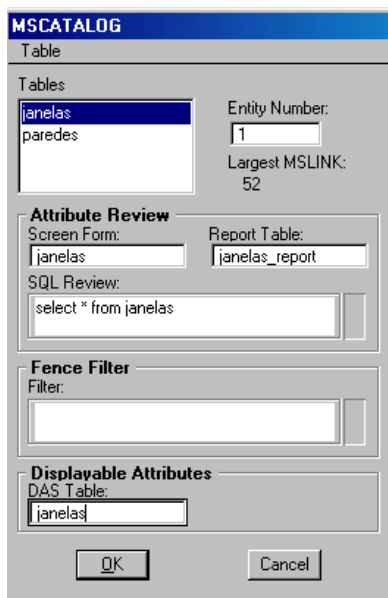


Figura 58. Catalogando tabelas de dados no programa MicroStation através da janela do Mscatalog.

Preenchem-se os campos: *screen form* com o nome da tabela (Ex: “janelas”), *Report Table* com “nome da tabela”_report (janelas_report), *SQL Review* com o comando *select * from* “nome da tabela” (select * from janelas) e *DAS Table* com “nome da tabela”_das (janelas_das) (Figura 59).

Aciona-se a linha de comando *key-in* no menu *utilities/Key in* e carrega-se uma entidade ativa através do comando: *AE=insert into* “nome da tabela” (“nome da coluna”) *values* (“valor ou atributo”), como é visto na Figura 60:

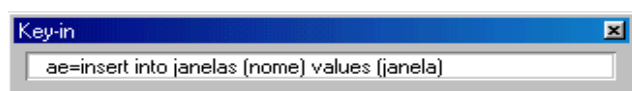


Figura 59. Carregando uma entidade ativa para conexão com entidade gráfica

Usa-se a ferramenta *attach active entity* para identificar o elemento que se deseja fazer a conexão. Apesar de aparecer a mensagem *element not found*, depois de aceito o elemento selecionado, a entidade já está vinculada a uma linha no banco de dados, com o seu correspondente *mslink*.

Com a ferramenta *review database attritubes of element* pode-se visualizar os dados que foram conectados a esta entidade. Não é necessário fazer a entrada de todos os dados, desta maneira. Após o elemento estar vinculado (*link*), pode-se preencher e modificar os dados pelo Access, mesmo com o banco de dados estando conectado com o *MicroStation*.

Na versão do *MicroStation SE*, já foi incorporado a ferramenta *Visual SQL Query Builder*, que é uma poderosa ferramenta de análise. Montam-se as questões através de uma interface amigável. Com as entidades gráficas já associadas aos dados tabulares, ou seja, com a conexão (*linkagem*) realizada, seleciona-se qual tabela será o objeto de análise. Após, seleciona-se os parâmetros que serão abordados (nome das colunas), os condicionantes e os valores ou intervalo de valores procurados. Com a ferramenta *locate*, pode-se localizar cada resultado obtido (área, linha, ponto).

7.3.9 Simulações através de consultas ao banco de dados (*MicroStation*)

Para se proceder à conexão das informações do banco de dados com os elementos gráficos é necessário que estes sejam definidos previamente. Cada elemento gráfico corresponde a um registro de uma tabela.

A definição é feita com a criação de uma *shape* sobre o contorno de cada elemento nas fachadas do prédio. Todas as *shapes* para a conexão ao banco de dados foram criadas no nível 63 e cor 113 (*level* = 63, cor verde). Estas *shapes* devem estar em um nível diferente das que foram geradas para sobreposição das fotos para renderização (nível = 62). Isto é importante no momento em que se procede a linkagem dos elementos, pois é necessário desativar o nível das *shapes* para a renderização com as fotos, deixando ativas somente as *shapes* no nível 63.

O modelo tridimensional do prédio visualizado no Microstation é rotacionado até a posição em que se mostra um elemento que se deseja obter informações. Após esta etapa é necessário que se defina o material da renderização através do comando *Setting/Rendering/Assigning Material*, e em seguida carregar o material da renderização. Feito isso, através do comando *Utilities/Render/Phong*, todas as fachadas do modelo são renderizadas com a textura das fotos. Simultaneamente a esta renderização são visualizados os elementos que foram definidos para a conexão ao banco de dados.

Com a caixa de ferramentas para banco de dados (*tools database*) ativas seleciona-se a ferramenta “*review database consult*” e em seguida seleciona-se o elemento no modelo para obtenção de informações. Na janela SQL aparece então, todas as informações que foram geradas para aquele elemento.

Foi feita simulação para obter algumas informações de uma janela da fachada norte localizada no PlanoVI-norte (figura 61), e em seguida foi rotacionado o modelo para visualizar uma porta na fachada sul do prédio, localizada no PlanoII-sul (figura 62).

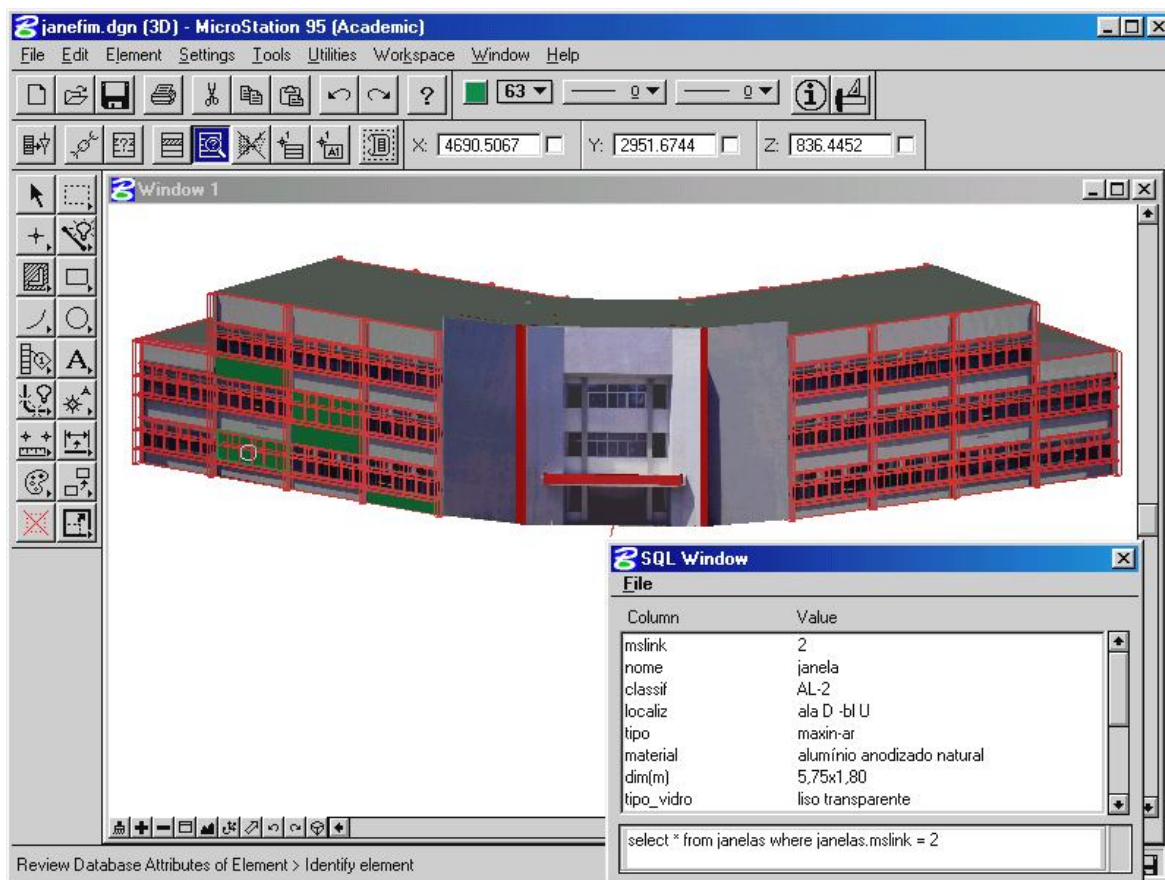


Figura 60 – Visualização de um elemento do PlanoVI-norte e suas respectivas informações carregadas na janela SQL.

Uma vez que todos os elementos estejam *linkados* ao banco de dados, podem-se obter informações de qualquer dos elementos simplesmente selecionando-os um a um, e simultaneamente aparecem na janela SQL as informações correspondentes.

Qualquer alteração que se fizer necessária, em um determinado registro para atualização, pode ser feita nas tabelas do banco de dados no Access.

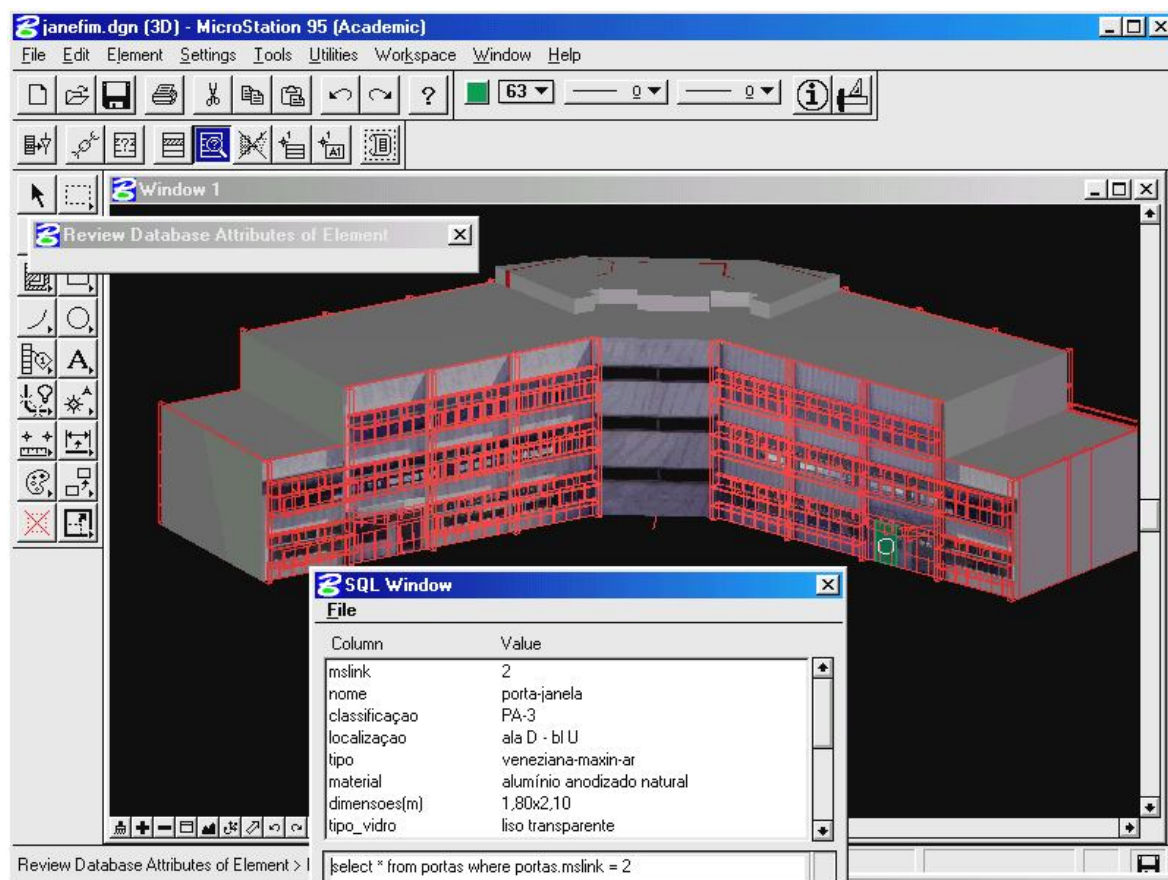


Figura 61 - Visualização de um elemento do PlanoII-sul e suas respectivas informações carregadas na janela SQL.

Todas as informações contidas no banco de dados foram obtidas a partir do orçamento estimativo preliminar de materiais do prédio ECV – Bloco “U”, desenvolvido pela equipe do ETUSC.

8. ANÁLISES

8.1 Análise do Processamento Fotogramétrico

O levantamento fotogramétrico externo do prédio ECV foi obtido com a tomada de 29 fotografias em seu entorno. A partir do processamento destas fotografias no Photomodeler obteve-se o modelo de linhas tridimensional. E sobre este modelo de linhas atribuiu-se textura foto-realística.

O processo de restituição no Photomodeler é feito com base na tomada de no mínimo duas fotos convergentes de uma região e sobre estas fotos são definidas as feições do objeto, compostas de pontos, linhas e superfícies.

Durante o processamento das fotos do prédio ECV observou-se algumas limitações. As fotos tomadas permitiram a restituição das fachadas norte e sul separadamente, em projetos isolados, pois as fotos obtidas das laterais apresentavam pouca rigidez, ou seja, os ângulos das tomadas foram bastante inferiores a 90° e a sobreposição das fotos adjacentes na região das arestas formadas pelas fachadas norte/sul e laterais do prédio apresentavam pouca percentagem de pontos comuns.

Para que fosse possível a visualização do modelo espacial completo no Photomodeler seria necessário a tomadas de novas fotos adjacentes nas regiões extremas do prédio, com maior sobreposição, a fim de captar maior número de pontos comuns em mais de uma foto. O que não foi possível em função de problemas mecânicos no scanner, que impediu a digitalização de novos diapositivos.

O Photomodeler permite somente a visualização do modelo espacial gerado e renderizado com textura foto-realística. O modelo de linhas exportado para um programa CAD, que também pode ser rotacionado no Photomodeler, não leva a textura foto-realística a ele atribuída, obtendo-se no CAD as coordenadas de todas as intersecções. E a exportação do modelo como ortofoto transforma todos os planos do prédio em um único plano, não sendo possível a aplicação desta ortofoto nos diversos planos que compõe o modelo e a rotação

do modelo permitindo a visualização de todos os planos que compõe as fachadas do prédio.

Neste caso, o prédio foi dividido em 12 planos (12 projetos), sendo 7 na fachada norte e 5 na fachada sul, considerando que a cada mudança de ângulo formava-se um plano diferente. Desta forma, cada plano foi restituído no Photomodeler isoladamente, utilizando-se somente as respectivas fotos referentes a cada plano e exportado com textura foto-realística como ortofoto (extensão .JPEG) podendo ser visualizados no Adobe Photoshop.

As ortofotos geradas representam planificações de cada fachada (planos), suprimindo as elevações e profundidades de cada superfície e são visualizadas em perspectiva com ponto de fuga no centro da imagem devido ao sistema de projeção cônica da câmara Pentax. Isto pode ser observado na ortofoto da figura 63, na área próxima ao pilar da direita, consegue-se ver sua lateral esquerda, bem como a superfície inferior das marquises.

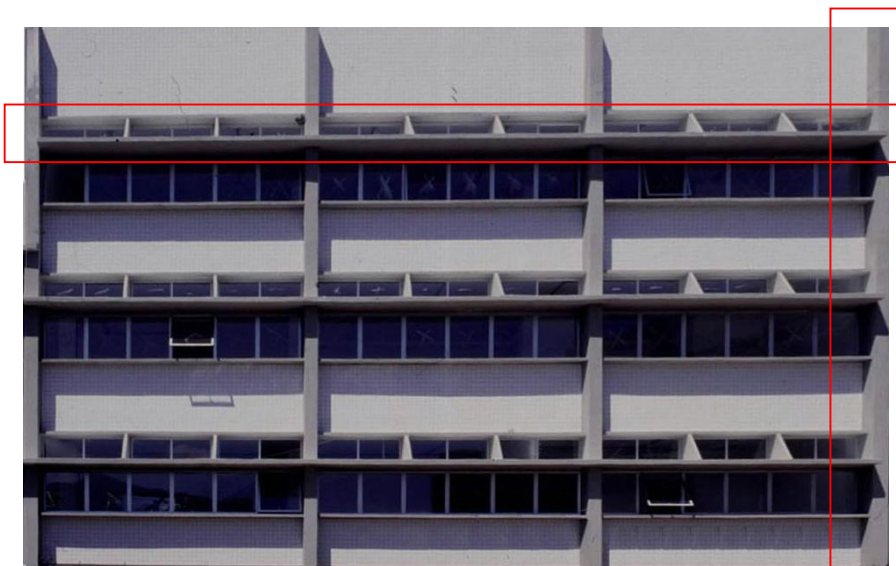
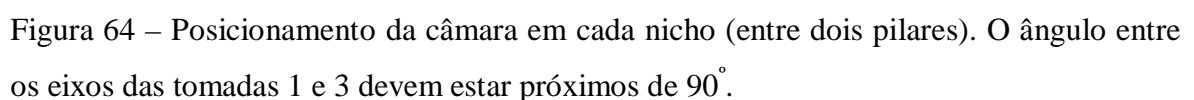
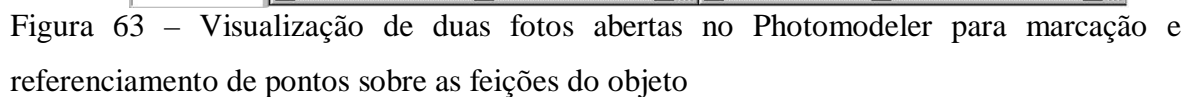


Figura 62 – Ortofoto de um dos planos do prédio apresentando regiões em perspectiva como nas laterais dos pilares e superfície inferior das marquises sobre as janelas.

Devido à característica do prédio apresentar elementos projetados além do plano das paredes (marquises, pilares e brises) formando nichos, as fotos tomadas não contemplaram todas as superfícies destes elementos. Para minimizar este problema deve-se ter uma foto perpendicular e duas fotos (no mínimo) formando ângulo próximo de 90° em cada nicho entre os pilares. Devem-se considerar os ângulos de abertura da câmara (59° na horizontal

Na figura 64 é apresentada uma janela do Photomodeler com duas fotografias abertas para marcação e referenciamento dos pontos nas feições do objeto. Observa-se que a aresta demarcada em vermelho não está visível nas duas fotos e o ponto interno desta aresta consequentemente, foi marcado aproximadamente na posição.



Desta forma é possível visualizar todas as arestas formadas de diferentes ângulos de visadas, importante para a definição correta do ponto no espaço através do processamento no Photomodeler. Considerando esta disposição das tomadas, seriam necessárias 69 fotografias para todo o recobrimento do prédio.

Com relação às sombras (figura 63) observou-se que em algumas regiões de encontro de arestas tornou-se difícil a marcação dos pontos, pois ficaram muito escuras nas imagens escanerizadas. Tentou-se utilizar os recursos dentro do próprio Photomodeler para ajuste da imagem quanto a brilho e contraste, porém eram limitados pois perdia-se a definição dos contornos pelo excesso de brilho.

8.2 Análise do modelo vetorial – Criação das *shapes*

Para a aplicação da textura foto-realística ao modelo é necessária primeiramente a criação de *shapes* que são superfícies fechadas traçadas sobre os planos das fachadas do prédio, obedecendo as larguras e alturas dos mesmos.

Analisando a arquitetura do prédio, observa-se a complexidade de planos que o compõe. Cada elemento comum (pilares, paredes, marquises, brises, etc.) apresenta-se em coordenadas diferentes ao longo do eixo Z que foi definido como a profundidade dos planos. Frente a isto, adotou-se o valor de coordenada Z no eixo central das paredes como base para a aplicação das *shapes*.(figura 66)

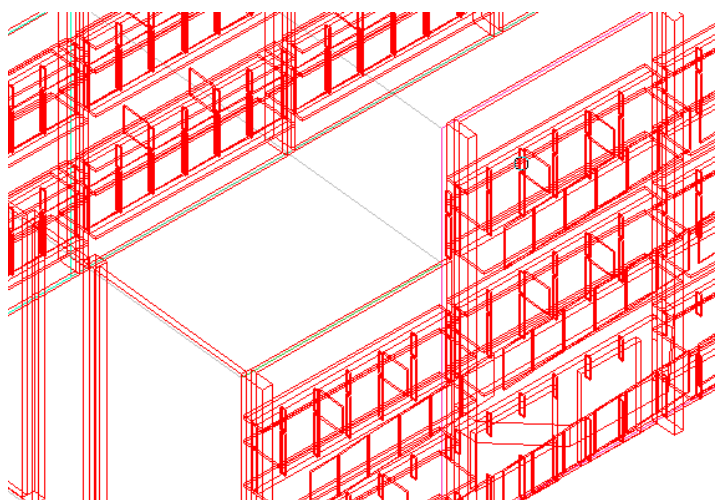


Figura 65 – Localização do plano das *shapes* no eixo central das paredes.

A entrada principal do prédio é formada de três planos principais em ângulos diferentes como mostrado na figura 67. E sobre estes três planos foi sobreposto o plano da *shape*, indicada pela seta. Os elementos na fachada foram definidos por superfícies (nível 63, cor 113 – verde) como indicadas pela seta 2.

Observa-se que, o plano da *shape* e o plano das superfícies são diferentes e, no momento da renderização com material das fotos (textura foto-realística), a definição dos elementos para posterior consulta ao banco de dados fica em um plano anterior ao plano da *shape*, e com isso não é possível selecionar estes elementos simultaneamente à visualização da textura foto-realística.

Neste caso, cada mudança de plano da fachada deveria receber uma *shape* diferente para aproximar as superfícies criadas sobre os elementos, permitindo sua visualização. Na figura 61 da página 89, é possível verificar a renderização com a textura das fotos, as linhas do modelo vetorial e algumas superfícies em verde demarcando algumas janelas e paredes na fachada lateral (PlanoVI-norte). Na entrada principal, porém não é possível visualizar os elementos que foram demarcados com o mesmo procedimento.

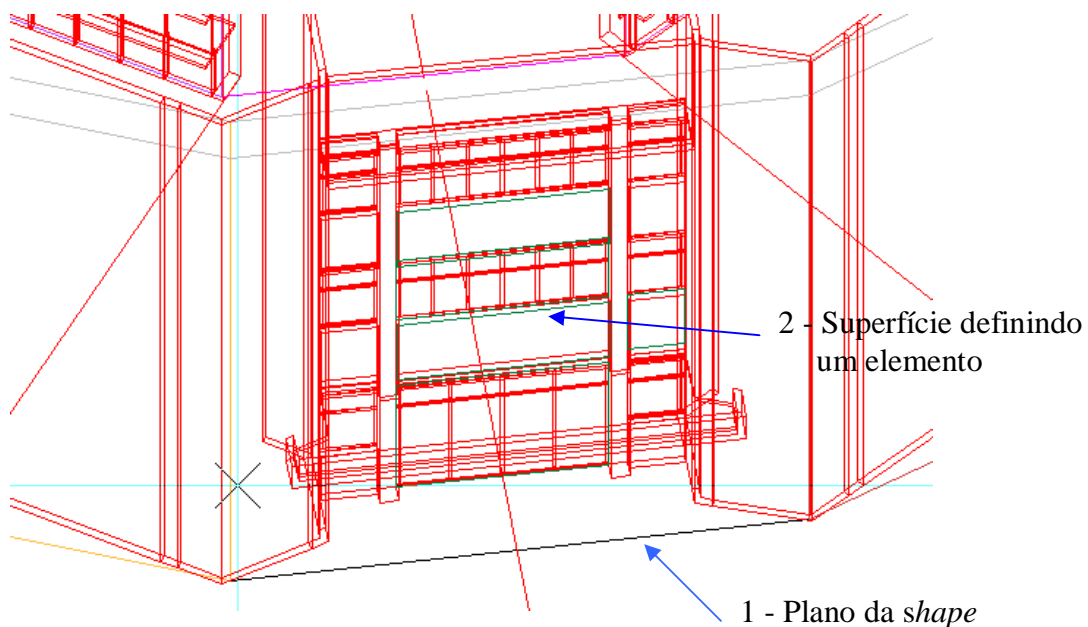


Figura 66 – Visualização da entrada principal do prédio com a definição da *shape* e as superfícies sobre alguns elementos.

O número de superfícies geradas sobre o modelo depende principalmente da complexidade da arquitetura da edificação e do nível de detalhamento que se deseja, para obter informações.

8.3 Análise do banco de dados e conexão ao modelo gráfico

Para a criação do banco de dados foi utilizado o aplicativo Access da Microsoft devido à sua interface simples de trabalho para a geração de tabelas, e a facilidade para a alteração dos registros, bem como da estrutura.

O *MicroStation*, nas maioria de suas versões, permite a conexão de registros de diversos programas de banco de dados, inclusive o Access. Algumas versões, porém, como o *MicroStation J*, onde foi desenvolvido o modelo para renderização com a aplicação de textura foto-realística não foi possível. A conexão ao banco de dados realizava-se com sucesso e o acesso a uma entidade ativa (tabela) do banco de dados conectado não era possível, pois não reconhecia qualquer entidade selecionada, não sendo possível, portanto, a “linkagem” dos elementos no modelo gráfico com os registros das tabelas configuradas.

Neste caso, a tentativa foi a de conectar o banco de dados através do *MicroStation 95* – versão acadêmica, para realizar a “linkagem” dos elementos aos registros e proceder à busca de informações. E então, foi possível completar o procedimento de conexão dos elementos gráficos ao banco de dados, completando o acesso às informações, sem prejuízo do modelo gerado. Uma vez realizada a conexão, pôde-se visualizar o modelo através do *MicroStation J* e selecionar os elementos “linkados” e obter sua respectivas informações.

8.4 Viabilidade da proposta

Os trabalhos realizados utilizando a fotogrametria arquitetural como ferramenta, no Brasil, ainda são poucos e de caráter científico experimental. A extensão do uso da fotogrametria além de experimentos tem-se verificado na confecção de arquivos fotogramétricos de edificações históricas, a exemplo de parte do sítio histórico de Laguna.

A restituição de fotografias terrestres é de custo extremamente elevado, somado ao fato de que se exige pessoal técnico com conhecimentos específicos. Os trabalhos cuja finalidade é

compor um registro histórico de edificações precisam ter fotografias em escala grande para permitir a visualização de todos os detalhes. Isto, sem dúvida requer maior tempo disponível e pessoal especializado, não despertando grande interesse de empresas de aerolevantamentos que executam restituição de fotos aéreas com produtividade muito superior.

Para a realização deste trabalho, que exige a textura foto-realística para a análise do objeto, foi utilizada a fotogrametria tradicional, apesar de que o elemento que fornece este produto, a ortofoto, permite somente a extração de informações bidimensionais. Mas aliado à ortofoto tem-se o modelo vetorial, que em conjunto fornecem subsídios para atender aos objetivos iniciais da proposta.

Pretendia-se elaborar o modelo tridimensional renderizado com textura da foto e a este associar informações de um banco de dados. Para isso era necessário resgatar a geometria da edificação bem como a sua situação atual com relação ao seu aspecto visual, lembrando também da importância da acurácia das feições. Então, foi utilizado como base os projetos arquitetônicos do prédio disponíveis no setor de planejamento da UFSC e a tomada de fotografias para restituição. Não foram implementados pontos de controle na edificação. Foram utilizadas como pontos de controle as próprias feições do prédio que se apresentam bem definidas por cantos e arestas, facilmente identificáveis na foto e a obtenção de algumas medidas em torno do prédio para controle do fator de escala inserido ao modelo.

Mesmo utilizando as feições naturais como pontos de controle o Photomodeler usa uma série de algoritmos de ajuste sobre estes pontos que produzem a mais alta acurácia possível para um levantamento.

O trabalho de laboratório foi realizado com *softwares* e equipamentos disponíveis, comprovando a viabilidade da técnica proposta. A câmara métrica utilizada, o *scanner* para diapositivos e o *software* de restituição digital mostraram-se de fácil aprendizado e manipulação. Logicamente, não se deve relegar os cuidados que se fazem necessários quando da utilização dos equipamentos, tendo em vista a sofisticação de dispositivos que os compõem.

Talvez, o único problema enfrentado foi em relação à capacidade de memória insuficiente para armazenamento, manipulação e visualização de imagens e realização de simulações. Sendo assim, a técnica sugerida, se mais implementada em relação a *hardware*, mostrou-se adequada aos fins que se propõe, ou seja, servir como mais uma ferramenta de auxílio ao planejamento e sistema de informações do Campus.

O estudo realizado neste trabalho tem um caráter eminentemente experimental, portanto é importante salientar a necessidade de se ter o suporte de uma equipe multidisciplinar formada de arquitetos, engenheiros, topógrafos, geólogos, entre outros profissionais, com o objetivo de implementar e manter ativo o sistema de informações do Campus, capaz de atender a demanda para solução de problemas das mais diversas ordens.

8.5 Detalhamento das informações

A proposta deste trabalho foi gerar um sistema de informações prediais a partir de dados obtidos da edificação, através da conexão de um banco de dados a um modelo gráfico tridimensional com aplicação de textura foto-realística.

As fotos do prédio em estudo foram obtidas quando este já estava em fase final de execução, podendo ser resgatadas basicamente as informações dos trabalhos de acabamento, como reboco, pintura, colocação de cerâmica, entre outros serviços. Informações como elementos estruturais e sistemas instalados (água, esgoto, energia, telefonia, rede, entre outros), não puderam ser levantados com fotografias.

Sugere-se, neste caso, que a elaboração do banco de dados e o registro fotográfico para restituição se dêem juntamente com o início da obra, começando com o levantamento fotogramétrico da locação de fundações, até o completo término da obra, em todas as suas etapas.

Cada etapa de construção deve ser restituída através de um programa restituidor e transportada a um programa CAD. O modelo vetorial deve-se compor de várias etapas de construção, cada uma em um nível de *layer* diferente. E a cada nível associada respectivamente a textura da etapa construída. Cita-se, como exemplo, a construção de uma parede onde serão instaladas tubulações e conexões hidráulicas, em seguida reboco e

posteriormente revestimento cerâmico. São basicamente 4 etapas sendo registradas com fotografia. Simultaneamente deve ser alimentado o banco de dados com as informações pertinentes, inclusive situando no tempo cada fase. Com este procedimento tem-se a posição exata da tubulação instalada, auxiliando na execução de uma possível manutenção.

O monitoramento da edificação deve ser periódico, sendo este período definido em função das características da construção (técnicas construtivas utilizadas) e das atividades desenvolvidas (grau de risco da atividade).

9. CONCLUSÕES

É reconhecida a importância da fotogrametria digital à curta distância para a documentação de edificações, sejam estas de valor histórico ou não, pela rapidez com que se pode registrar os dados e com alto nível de detalhamento. Some-se a isto, sua utilização como ferramenta de baixo custo e fácil manutenção.

Outro fator importante relaciona-se com o grande número de pontos levantados em uma edificação em tempo consideravelmente curto, comparado com o levantamento manual, o que seria impraticável, dependendo do tamanho da edificação e sua complexidade de detalhes.

Não é necessária a utilização de grandes equipamentos, equipes especializadas e maiores investimentos na execução dos trabalhos de fotogrametria. Como pôde ser observado durante este trabalho, são suficientes computadores pessoais equipados com alguns componentes modernos, equipe pequena com conhecimento específico básico, câmara fotogramétrica e *softwares* de baixo custo, ou seja, elementos suficientes para a implementação e manutenção de um sistema de informações do Campus.

Os produtos digitais tridimensionais estão cada vez mais sendo requisitados em estudos e simulações. A exemplo de centros maiores, aonde o controle de redes de infraestrutura já vem sendo realizado sobre modelos 3D fazendo parte do sistema de informação geográfica do município. Em países como a Alemanha, já existem sistemas de informações prediais em meio digital de clínicas de saúde, onde se podem obter informações detalhadas de qualquer equipamento instalado, bem como um sistema informatizado para a realização de tarefas básicas como procedimentos de higienização de leitos e entrega de refeições de acordo com a dieta de cada paciente.

O trabalho com arquivos tridimensionais digitais tem inúmeras vantagens entre as quais se pode citar: redução de custos, com reduzido número de mão-de-obra e equipamentos empregados; velocidade de processamento de dados em estudos e simulações; possibilidade de trabalhar em rede utilizando SIG ou LIS

A técnica da fotogrametria digital permite que o volume e textura da edificação sejam extraídos diretamente da fotografia, diminuindo tempo de serviço, pessoal técnico envolvido e fornecendo um produto mais confiável, além de proporcionar análises mais rigorosas.

Como foi proposto neste trabalho, para a análise do modelo espacial e simulações com busca de informações a banco de dados a partir dos elementos construtivos, a aplicação de textura foto-realística foi imprescindível. A partir do modelo tridimensional com a textura da foto, é possível analisar seu próprio estado de conservação, permitindo simular modificações e alterações no próprio modelo digital.

A utilização de maquetes eletrônicas é muito utilizada atualmente, sendo criadas a partir do projeto arquitetônico, porém a renderização do modelo é feita com material da própria biblioteca do programa CAD. Com a aplicação de textura foto-realística o volume de detalhamento adquirido aumentaria incomparavelmente..

Atualmente a realidade de trabalho do setor de planejamento da UFSC está voltada à elaboração de projetos e acompanhamento da execução até o momento em que se dá o término da obra. A partir daí, a execução de manutenção ou alterações depende da demanda de cada edificação e em períodos de tempo diferentes. Com o auxílio desta técnica poder-se-ia ter um controle maior do trabalho que foi executado, tendo-se registros desde o momento em foram executadas as estruturas de fundações.

A tendência atual é de que os sistemas de informações sejam cada vez mais informatizados, fazendo com que também os setores responsáveis pela geração e manutenção de informações do Campus, desde elaboração e acompanhamento também se adaptem, servindo até mesmo de modelo para outras instituições.

10. RECOMENDAÇÕES

A experiência realizada neste trabalho proporcionou a confirmação do que havia sido proposto no seu início: da possibilidade de obter informações construtivas de uma edificação através da conexão a um banco de dados, utilizando como recursos a fotogrametria digital e um programa CAD.

Durante a realização deste trabalho foi possível observar-se algumas dificuldades, bem como as suas prováveis soluções. Desta forma, é importante salientar as recomendações para algumas etapas, a fim de proporcionar a trabalhos futuros, maior contribuição para a sua execução com facilidade e aprimoramento da técnica.

10.1 Tomada das fotografias

Para a obtenção do modelo tridimensional a partir do resgate da geometria com a aplicação de textura foto-realística, é importante que seja observada com maior atenção a qualidade das fotografias, a fim de permitir a aquisição de todas as informações necessárias à restituição, e posterior geração das ortofotos.

Para a obtenção de um produto considerado aceitável para o processamento, o planejamento prévio da tomada das fotos que inclui a disposição da câmara com relação à área de imageamento e distância ao objeto, e o horário em que é executada a tarefa, são imprescindíveis.

Com relação ao planejamento é indispensável, antes da tomada das fotos a observação em torno da edificação, verificando objetos que possam interferir como outras edificações, árvores, entre outros. E quanto ao horário, recomenda-se a escolha de dias com pouca luminosidade solar, o que evita a formação de sombras em áreas das fotografias em que existem muitas saliências na edificação devido à presença de muitos detalhes. Mesmo que fossem adotados os pontos de controle sobre a edificação, nestes locais de sombra não seria possível sua marcação e referenciamento.

10.2 Armazenamento das imagens

As imagens escanizadas foram gravadas em disco rígido com extensão .TIFF gerando arquivos com tamanhos que variam de 11 a 12 Mb. Foram escanizados 29 diapositivos da parte externa da edificação perfazendo um total entre 319 a 348 Mb. O processamento com arquivos deste tamanho dificultam o trabalho, pelo fato de torná-lo muito lento exigindo maior capacidade de memória instalada.

Neste caso, recomenda-se a compressão dos arquivos de imagens utilizando a extensão .JPEG, que reduzem consideravelmente o tamanho dos arquivos sem perder a qualidade das informações neles contidos, e consequentemente não comprometendo a qualidade do trabalho. Após a compressão as imagens, com tamanho total em torno de 8 Mb, devem ser gravadas em CD-ROM como arquivos de segurança, e liberar espaço na memória do computador.

10.3 Pontos de Controle

A edificação utilizada como objeto de estudo neste trabalho apresenta considerável perfeição na definição de seus contornos formados pelo conjunto de arestas e superfícies. Esta condição dispensou a utilização de pontos de controle fixados sobre as fachadas do prédio para a restituição, apesar de ser relevante a obtenção de medidas acuradas sobre o modelo, conseguidas através do processamento no Photomodeler que utiliza algoritmos de ajustamento dos pontos demarcados em relação à sua posição correta no espaço.

No entanto, recomenda-se a utilização de pontos de controle sobre superfícies muito extensas que não apresentam qualquer detalhamento que possa ser identificado em mais de uma fotografia, bem como em pontos estratégicos como as extremidades da edificação e em mudanças de planos, para que se tenha o controle das medidas gerais utilizadas como parâmetros para medidas menores sobre as fachadas.

O levantamento dos pontos de controle sobre a edificação deve ser feito com a utilização de uma estação total que permite a identificação da posição exata dos pontos, e medições mais acuradas sobre o modelo.

10.4 Softwares e equipamentos

Os softwares utilizados neste trabalho mostraram-se de fácil manuseio, adequando-se às exigências das tarefas executadas, inclusive por apresentarem uma interface gráfica de fácil entendimento e aprendizado. No entanto, com relação à utilização do *MicroStation* para desenvolvimento de modelos em 3D foram encontradas algumas dificuldades.

Neste caso recomenda-se um estudo mais aprofundado do ambiente tridimensional bem como o uso das ferramentas para sua construção e detalhamento, para que se possa desenvolver trabalhos mais detalhados que atendam com maior definição a questões como o resgate de informações sobre edificações.

Foi utilizado para o desenvolvimento do trabalho um computador Pentium II 333 MHz, com no mínimo 64 Mb de memória RAM, disco rígido de 4 GB. Este equipamento mostrou-se compatível com a exigência dos trabalhos até o momento em que foi iniciado o procedimento de *linkagem* dos elementos gráficos ao banco de dados, quando apresentou problemas de insuficiência de memória para processamento que foi contornado com a implementação de memória.

10.5 Produto final

As imagens digitalizadas passam por um processo de escanerização e compressão, e consequentemente ocorrem perdas na resolução final. No entanto, estas perdas não foram relevantes, a ponto de prejudicar o processamento das imagens para a obtenção do modelo digital. Porém, o produto obtido em papel através da impressão perde muito em qualidade e definição, dificultando a interpretação das imagens.

Recomenda-se o uso de impressoras a laser, por apresentarem melhor resolução em relação a outros tipos de impressoras e a utilização de papel especial para impressão das imagens, que pode fornecer produtos de melhor qualidade.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, A. **A utilização de câmaras de pequeno formato no Cadastro Técnico Urbano.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, UFSC, Florianópolis, SC, 1993.
- ANDERSON, P. S. **Fundamentos para fotointerpretação.** Rio de Janeiro. Sociedade Brasileira de Cartografia, 1982.
- AXELSSON, P., GÜLCH, E., STOKES, J. & ROESLER, C. **Combiing different information sources for reconstruction of 3D objects in digital images.** ISPRS. Symposium Close Range Photogrammetry Muts Machine Vision. Zurich, Switzerland. SPIE, 1990, p 209-216.
- BÄHR, H. P. **Elementos básicos do cadastro territorial.** 1º Curso Intensivo de Fotogrametria e Fotointerpretação Aplicados à Regularização Fundiária, 1º Curso Intensivo de Cadastro Técnico de Imóveis Rurais. Curitiba, 1982, 48p.
- _____, H. P. **Appropriate pixel size for ortophotography.** International Society for Photogrammetry and Remote Sensing. XVIIIth ISPRS Congress, Washington, D. C., 1992, Anais, Vol I.
- BÄHR, H. P. & RINGLE, K. **Fotogrametria Arquitetural – Teoria e Prática.** Instituto de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto. Universidade de Karlsruhe – Alemanha. 1996.
- BÄHR, H. P. & WIESEL, J. **Cost-benefit analysis of digital orthophoto technology.** Digital Photogrammetry Systems. Editor Ebner, H., Herbert Wichmann Verlag GmbH, Karlsruhe, 1991.
- BARWINSKI, K. **International trends and tendencies Europe 1992.** In: The Multipurpose rural and urban cadastre, Lisboa, Portugal, 1991, p.162-172.

- BLACHUT, T. J. et ali. **Cadastre: various functions characteristics, techniques and the planning of a land records systems.** Canada National Comercil, Canada, 1974, 157 p.
- _____, T. J. et ali. **Urban Surveyng and Mapping.** Springer Verlag. New York, 1979, 372 p.
- BOLA, G. – Sub Diretor do Setor de Cultura e Comunicação da UNESCO – **Le fil des Pierres – Photogrammètrie et Conservation des Monuments** – Kodak-Pathé, Institut Géographique National, Caisse National des Monuments Historiques et des Sites, França, 1984.
- BORON, A . **Homogenity of geometry of images scanned using UMAX 1200 SE.** Proceedings of geodesy and environmental engineering commission, vol. 38, Krakou, Poland, 1995, p. 133-145.
- CHISTÉ, S. et ali. **Cadastro gráfico informatizado no controle de desenvolvimento físico de universidades: o campus da UFSCAR.** In: II Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Seção III, 1996 , p. 78-88.
- EOS SYSTEMS INC, **Photomodeler Pro** – user manual (version 3.0), 11^a ed., Canada, 1997, 377 p.
- ERBA, D. A.
- FUCHS C. & RUWIEDEL S. **Digittization and rectification of transparencies with the analytical plotter P3.** ISPRS, XVII Congress, vol. XXIX, part B2, Commission II, 1992, p.18-24.
- GRAÇA, L. M. A . **O uso de “scanners” para digitalização de cartas topográficas e para a implantação de um sistema de geo-informação urbanas.** Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento, Anais. São Paulo, EPUSP, 1990, p. 219-224.
- HANKE, K. **Accuracy study project of Eos Systems’ Photomodeler.** Eos Systems Inc. Disponível na Internet. <http://www.photomodeler.com/study/study3.htm>. 2junho 1998.

- HECKMANN, H. **Photogrammetric Experience Exchange between Brazil and Germany.** Congresso CIPA, Olinda, 1999.
- HEIPKE, C. **State-of-the-art of digital photogrammetric workstations for topographic.** Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, vol. 61, n. 01, Ottawa, Canadá, 1995, p. 49-56.
- LANDES, S. **Design and Implementation of a Web-based 3D Campus Information System for the University of Karlsruhe.** In: COBRAC, Anais, Florianópolis, SC, 1998.
- LOCH, C. **Curso de cadastro técnico multifinalitário.** FEESC/ACEAG, Criciúma, SC, 1989.
- _____, C. **Cadastro técnico multifinalitário rural e urbano.** Florianópolis, UFSC, Departamento de Engenharia Civil, 1989.
- _____, C. **Importância do cadastro técnico no planejamento urbano.** In: X Encontro Nacional de Construção, Anais, Gramado, RS, 1990.
- LOCH, C & LAPOLLI, E. M. **Elementos básicos da fotogrametria e sua utilização prática.** UFSC, Florianópolis, 1994, 104 p.
- LOCH, C. & KIRCHNER, F. F. **Sensoriamento remoto aplicado ao planejamento regional.** UFPR, Curitiba, 1989.
- LOCH *et ali.* **Cadastro Técnico de uma região prioritária de Santa Catarina.** COLECATE. Florianópolis. 1984. 157 p.
- MARTINS, J. M. **A fotogrametria terrestre no auxílio a projetos de recuperação do patrimônio histórico.** Florianópolis, 1997. 134 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina.
- MELO, M. P. **Cadastro Geoambiental Polivalente.** Informativo COCAR. Brasília, 7, 1985, p. 165-170.
- MERCADO-GARDNER, J. **Projetando Banco de Dados com Access 2.** Tradução: Elisa M. Ferreira, Berkeley, São Paulo, SP, 1995, 344 p.

- NOVO, E. M. de M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações.** Ed Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 1989.
- PALLASKE, R. et ali. **Digital orthophoto-system for architecture representation.** International Society for Photogrammetry and Remote Sensing. XVIIth ISPRS Congress, Washington, D. C. Anais, vol. III, 1992.
- PHILIPS, J. W. **A Restituição Digital para Fins de Documentação Geométrica de Monumentos e Objetos Industriais.** Congresso Brasileiro de Cartografia, Salvador BA, 1995.
- RUTHKOWSKI, E. L. B. **Cadastro técnico rural – Situação e expectativa.** In: Seminário Nacional de Cadastro Técnico Rural e Urbano, Curitiba, 1987.
- SARJAKOSKI, T. **Suitability of the Sharp JX-600 desktop scanner for the digitization af aerial color photographs,** ISPRS, XVII Congress, vol. XXIX, Part B2, Commission II, 1992, p.78-86.
- SCHWENGERDT, R. A . **Thecniques for image processing and classification in remote sensing.** Academic Press, New York, 1983.
- SILVA, T. F. **Um conceito de cadastro metropolitano.** Dissertação de mestrado, UFPR, 1989, 112p.
- SILVA JR., G. A. & DIAS, D. M. **Estudo de estradas de determinada região do município de São José dos Campos utilizando técnicas de sensoriamento remoto.** In: II Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Florianópolis, 1995.
- SOUZA, J. C. **Fotografias aéreas como elemento de projeto para engenharia e arquitetura.** In: II Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Seção III, Florianópolis, 1996, p 21-29.
- STREILEIN, A. **Towards Automation in Architectural Photogrammetry: CAD –based 3D – feature extraction.** In: ISPRS – Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, vol 49, n. 5, october, 1994, p. 4-15.

- TAVARES P. E. M. & FAGUNDES P. M. **Fotogrametria**. Sociedade Brasileira de Cartografia, Rio de Janeiro, 1991.
- TAVARES, P. E. M. et ali. **Fotogrametria**. IME – UERJ, Rio de Janeiro, 1995.
- TOMASELLI, A. M. G. et ali. **Análise e aplicação da fotogrametria terrestre no levantamento de monumentos históricos em Presidente Prudente**. In: XI Congresso Brasileiro de Cartografia, Rio de Janeiro, Anais, 1983.
- TOMASELLI, A. M. G.; OLIVEIRA, C. G. **Um estudo sobre a utilização de “scanners” de mesa em fotogrametria**. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 1997, Rio de Janeiro. Anais: SBC, 1997. Comissão IV, p. 18-23.
- TROCHA, W. **Automation of pattern measurement at investigations of scanner image geometry**. Proceedings of geodesy and envirommental engineering commission, vol 38, Krakou, Poland, 1995, p. 147-152.
- VIDOR, V. **Planejamento urbano no Brasil**. Dynamis, Blumenau, v. 1, n. 1. P. 81-91, 1992. In: Seminário Catarinense de Engenharia de Agrimensura e Planejamento Municipal, FUCRI, Criciúma, 1992.
- VILLELA, J. C. M. et ali. **Avaliação de distâncias e áreas calculadas com coordenadas transformadas de aerofotogramas digitalizados**. UFSM, Santa Maria, RS, 1996. Monografia Especialização em Interpretação de Imagens Orbitais e Suborbitais. In: II Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Florianópolis, 1996.
- WALDHÄUSL, P. **Definning the future of architectural photogrammetry**. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing. XVIIth ISPRS Congress, Washington, D.C., Anais, vol. III, 1992.
- WESTPHAL, F. S. **A fotogrametria digital como ferramenta ao planejamento urbano**. Florianópolis, 1999. 115 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

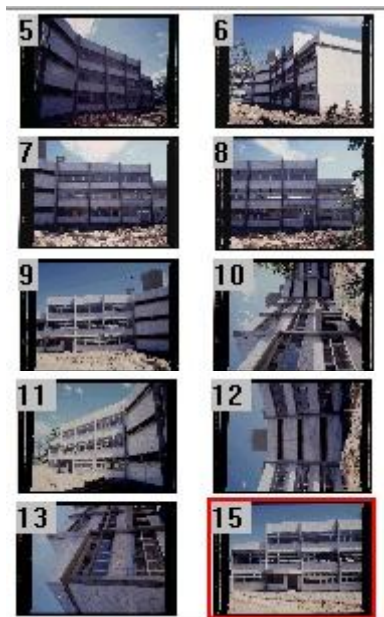
ANEXOS

ANEXO 1

Segue abaixo as fotos que compõem cada projeto das fachadas externas do prédio. Na sequência dos projetos estão os resultados obtidos com o processamento no Photomodeler apresentando o modelo de linhas e pontos em 3D. Posteriormente estes modelos de linhas serão exportados em .DXF para servir de base ao modelo vetorial em 3D, desenvolvido no AutoCad.

Projetos Externos:

Fotos: Projeto 1 – Fachada Sul



Fotos: Projeto 2 – Fachada Norte

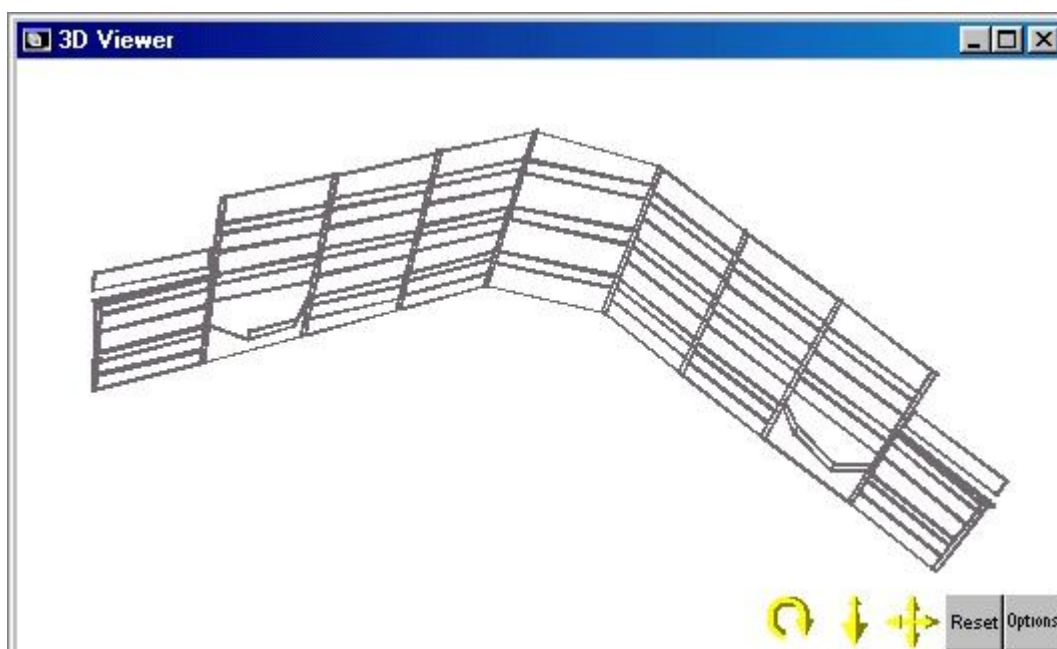


Fotos: Projeto 3 – Fachada Norte (complemento)

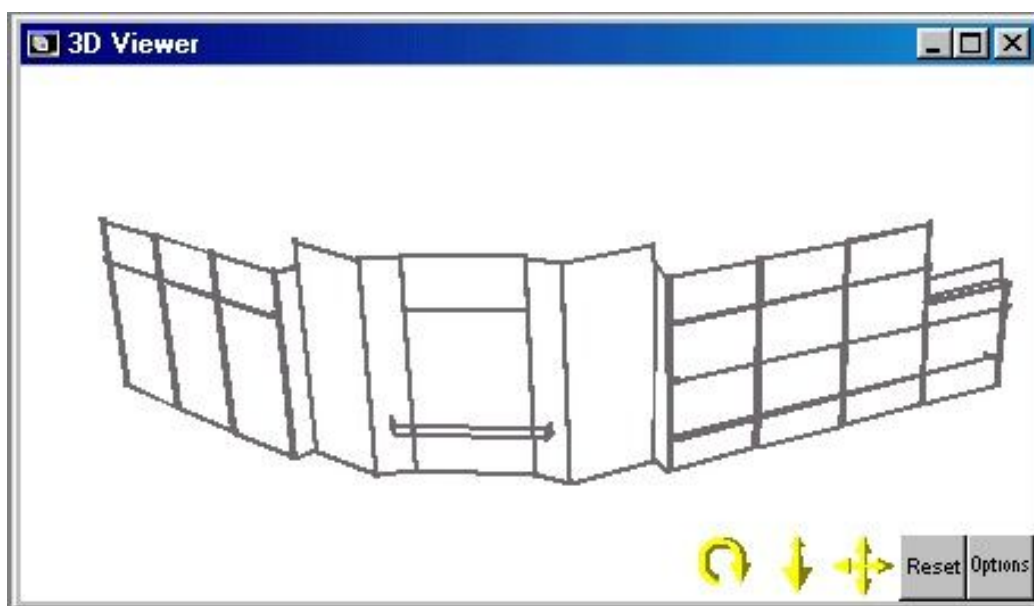


Resultados no Photomodeler:

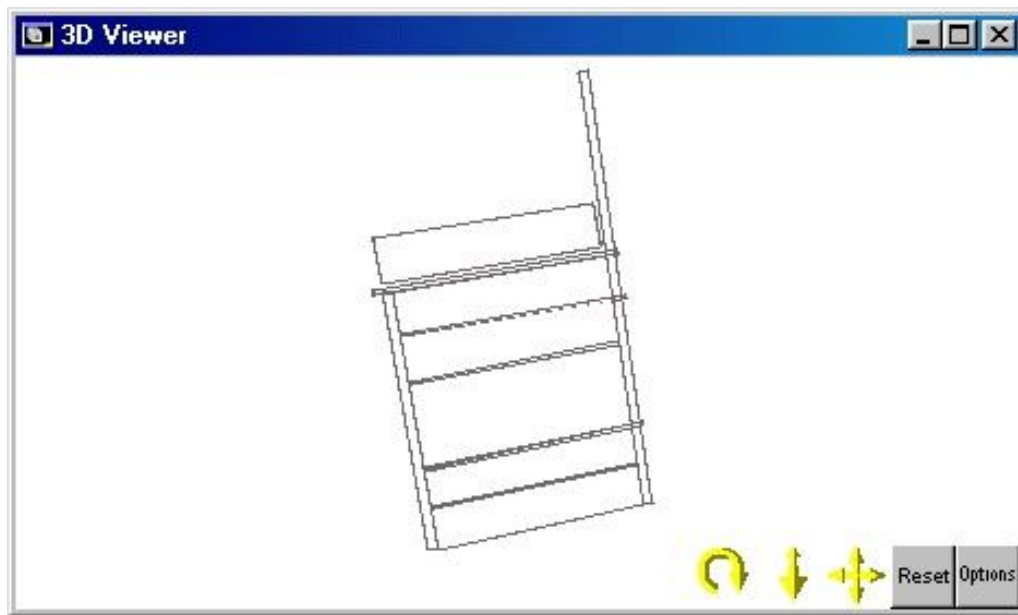
Projeto 1 – Fachada Sul



Projeto 2 – Fachada Norte

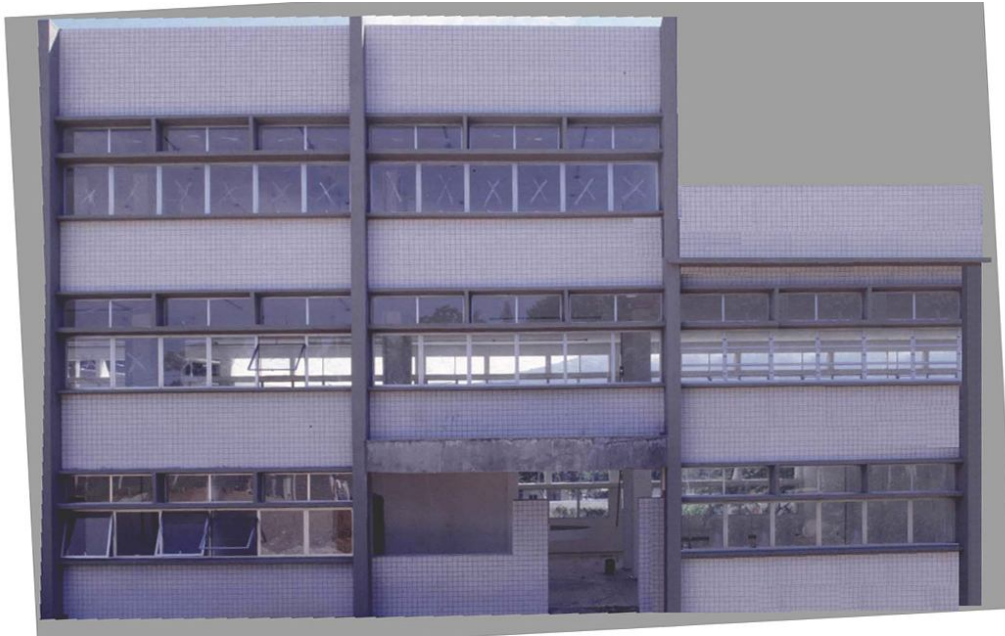


Projeto 3 – Fachada Norte (complemento)



Ortofotos externas exportadas pelo Photomodeler:

PlanoA – Sul



PlanoB – Sul



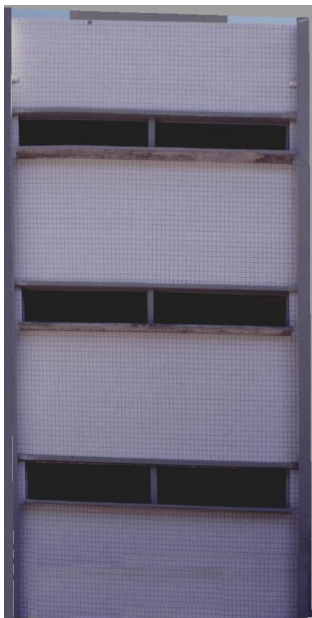
PlanoC – Sul



PlanoD – Sul



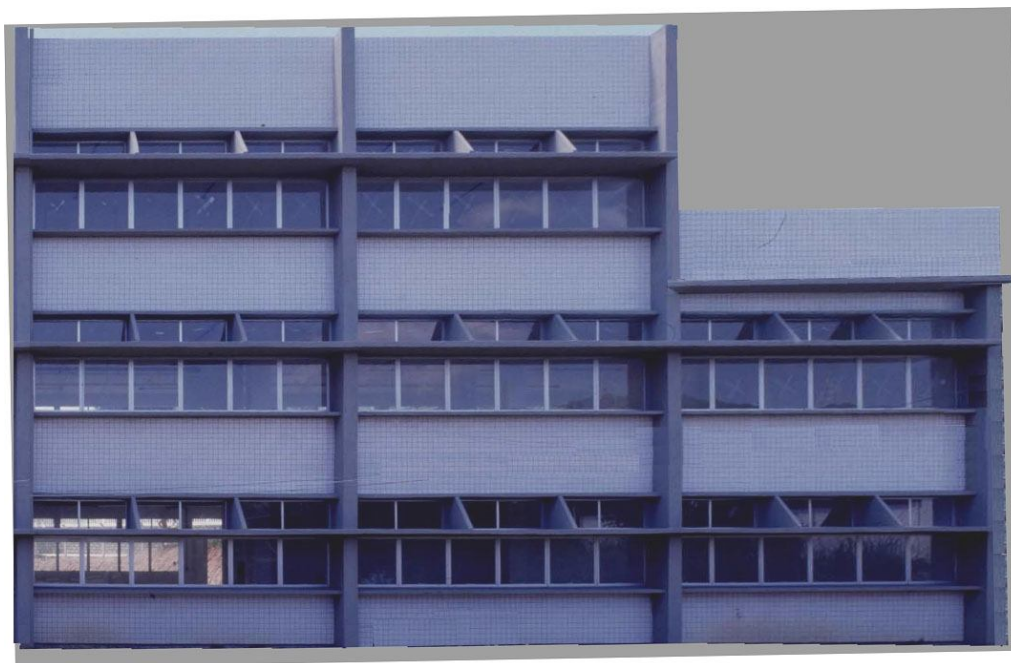
PlanoE – Sul



Entrada Principal – Norte



PlanoA – Norte



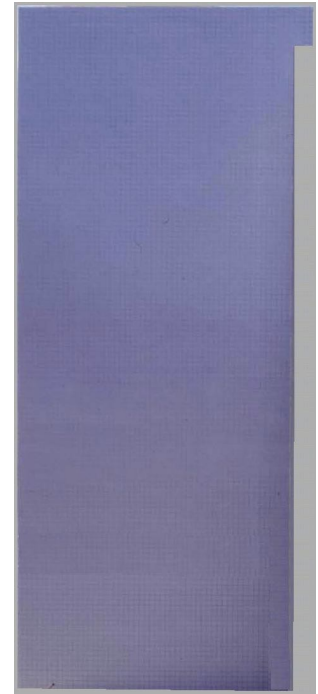
PlanoB – Norte



PlanoC – Norte



PlanoCC – Norte



PlanoD – Norte



PlanoE – Norte



ANEXO 2

Neste anexo são apresentados formulários criados a partir das tabelas geradas em função do orçamento estimativo. Mostram alguns campos para alimentação com dados pertinentes a cada elemento ou etapa.

Tabela: cobert			
mslink	<input type="text" value="1"/>	ultima_alter	<input type="text"/>
tipo_telha	<input type="text" value="n"/>	obs	<div><div></div><div></div><div></div></div>
tipo_estrutura	<input type="text"/>		
dim_barrotes(cm)	<input type="text"/>		
qtde_barrotes(m)	<input type="text"/>		
dim_vigas(cm)	<input type="text"/>		
qtde_vigas(m)	<input type="text"/>		
planta_localiz	<input type="text"/>		
fornecedor	<input type="text"/>		
alteracoes	<div></div>		

Tabela: eybald			
mslink	<input type="text" value="1"/>	fornecedor	<input type="text"/>
nome	<input type="text" value="mm"/>	alteracoes	<div><div></div><div></div><div></div></div>
dimensoes(m)	<input type="text"/>		
qtde	<input type="text"/>		
vol_concreto_unit(m3)	<input type="text"/>	ultima_alter	<input type="text"/>
vol_concreto_total(m3)	<input type="text"/>	obs	<div></div>
fck_concreto(mpa)	<input type="text"/>		
aço_ca50_unit(kg)	<input type="text"/>		
aço_ca50_total(kg)	<input type="text"/>		
aço_ca60_unit(kg)	<input type="text"/>		
aço_ca60_total(kg)	<input type="text"/>		
planta_localiz	<input type="text"/>		

Tabela: elfarcond

mslink	<input type="text" value="1"/>	alterações	<div><div></div><div></div><div></div></div>
tipo	<input type="text" value="bn"/>		
marca	<input type="text"/>		
modelo	<input type="text"/>	ultima_alter	<input type="text"/>
qtde	<input type="text"/>	obs	<div></div>
localização	<input type="text"/>		
planta_localiz	<input type="text"/>		
fornecedor	<input type="text"/>		

Tabela: elilum

mslink	<input type="text" value="1"/>	alterações	<div><div></div><div></div><div></div></div>
tipo	<input type="text" value="n"/>		
marca	<input type="text"/>		
modelo	<input type="text"/>	ultima_alter	<input type="text"/>
qtde	<input type="text"/>	obs	<div></div>
localização	<input type="text"/>		
planta_localiz	<input type="text"/>		
fornecedor	<input type="text"/>		

Tabela: eltelog

mslink	<input type="text" value="1"/>	alterações	<div><div></div><div></div><div></div></div>
tipo	<input type="text" value="n"/>		
marca	<input type="text"/>		
modelo	<input type="text"/>	ultima_alter	<input type="text"/>
qtde	<input type="text"/>	obs	<div></div>
localização	<input type="text"/>		
planta_localiz	<input type="text"/>		
fornecedor	<input type="text"/>		

Tabela: esgext

mslink	<input type="text" value="1"/>	alterações	<div><div></div><div></div><div></div></div>
tipo	<input type="text" value="n"/>		
marca	<input type="text"/>		
modelo	<input type="text"/>	ultima_alter	<input type="text"/>
qtde	<input type="text"/>	obs	<div></div>
localização	<input type="text"/>		
planta_localiz	<input type="text"/>		
fornecedor	<input type="text"/>		

Tabela: esgsanit

mslink	<input type="text" value="1"/>	alterações	<input type="text"/>
tipo	<input type="text" value="n"/>		
marca	<input type="text"/>		
modelo	<input type="text"/>	ultima_alter	<input type="text"/>
qtde	<input type="text"/>	obs	<input type="text"/>
localização	<input type="text"/>		
planta_localiz	<input type="text"/>		
fornecedor	<input type="text"/>		

Tabela: janelas

mslink	<input type="text" value="61"/>	alter	<input type="text" value="nenhuma"/>
nome	<input type="text" value="janela"/>		
classif	<input type="text" value="AL-1"/>		
localiz	<input type="text" value="ala C -bl U"/>	ult_alter	<input type="text"/>
tipo	<input type="text" value="maxin-ar"/>	obs	<input type="text"/>
material	<input type="text" value="alumínio anodizado nat"/>		
dim(m)	<input type="text" value="5,70x1,80"/>		
tipo_vidro	<input type="text" value="liso transparente"/>		
esp_vidro(mm)	<input type="text" value="4"/>		
dim_vidro(m)	<input type="text"/>		
planta_localiz	<input type="text" value="A10-A15"/>		
fornec	<input type="text" value="empresa X"/>		

Tabela: et2pav

mslink	<input type="text" value="1"/>	fornecedor	<input type="text"/>
nome	<input type="text" value="n"/>	alterações	<input type="text"/>
dimensoes(m)	<input type="text"/>		
qtde	<input type="text"/>		
vol_concreto_unit(m3)	<input type="text"/>	ultima_alter	<input type="text"/>
vol_concreto_total(m3)	<input type="text"/>	obs	<input type="text"/>
fck_concreto(mpa)	<input type="text"/>		
aço_ca50_unit(kg)	<input type="text"/>		
aço_ca50_total(kg)	<input type="text"/>		
aço_ca60_unit(kg)	<input type="text"/>		
aço_ca60_total(kg)	<input type="text"/>		
planta_localiz	<input type="text"/>		

Tabela: et3pavrs

mslink	<input type="text" value="1"/>	fornecedor	<input type="text"/>
nome	<input type="text" value="n"/>	alterações	<input type="text"/>
dimensoes(m)	<input type="text"/>		
qtde	<input type="text"/>		
vol_concreto_unit(m3)	<input type="text"/>	ultima_alter	<input type="text"/>
vol_concreto_total(m3)	<input type="text"/>	obs	<input type="text"/>
fck_concreto(mpa)	<input type="text"/>		
aço_ca50_unit(kg)	<input type="text"/>		
aço_ca50_total(kg)	<input type="text"/>		
aço_ca60_unit(kg)	<input type="text"/>		
aço_ca60_total(kg)	<input type="text"/>		
planta_localiz	<input type="text"/>		

Tabela: etpterr

mslink	<input type="text" value="1"/>	aço_ca60_total(kg)	<input type="text"/>
nome	<input type="text" value="n"/>	planta_localiz	<input type="text"/>
dimensoes(m)	<input type="text"/>	fornecedor	<input type="text"/>
qtde	<input type="text"/>	alterações	<input type="text"/>
vol_concreto_unit(m3)	<input type="text"/>		
vol_concreto_total(m3)	<input type="text"/>		
fck_concreto(mpa)	<input type="text"/>	ultima_alter	<input type="text"/>
aço_ca50_unit(kg)	<input type="text"/>	obs	<input type="text"/>
aço_ca50_total(kg)	<input type="text"/>		
aço_ca60_unit(kg)	<input type="text"/>		

Tabela: fblfund

mslink	<input type="text" value="1"/>	fornecedor	<input type="text"/>
nome	<input type="text" value="n"/>	alterações	<input type="text"/>
tipo	<input type="text"/>		
dimensoes(cm)	<input type="text"/>		
qtde	<input type="text"/>	ultima_alter	<input type="text"/>
vol_concreto_unit(m3)	<input type="text"/>	obs	<input type="text"/>
vol_concreto_total(m3)	<input type="text"/>		
aço_ca50(kg)	<input type="text"/>		
aço_ca60(kg)	<input type="text"/>		
formas(m2)	<input type="text"/>		
fck_concreto(mpa)	<input type="text"/>		
planta_localiz	<input type="text"/>		

Tabela: festaq

mslink	<input type="text" value="1"/>	alterações	<input type="text"/>
nome	<input type="text" value="n"/>		
tipo	<input type="text"/>		
dimensoes(cm)	<input type="text"/>	ultima_alter	<input type="text"/>
qtde	<input type="text"/>	obs	<input type="text"/>
planta_localiz	<input type="text"/>		
fornecedor	<input type="text"/>		

Tabela: hidsan

mslink	<input type="text" value="1"/>	alterações	<input type="text"/>
tipo	<input type="text" value="n"/>		
marca	<input type="text"/>		
modelo	<input type="text"/>	ultima_alter	<input type="text"/>
qtde	<input type="text"/>	obs	<input type="text"/>
localização	<input type="text"/>		
planta_localiz	<input type="text"/>		
fornecedor	<input type="text"/>		

Tabela: instpluv

mslink	<input type="text" value="1"/>	alterações	<input type="text"/>
tipo	<input type="text" value="n"/>		
marca	<input type="text"/>		
modelo	<input type="text"/>	ultima_alter	<input type="text"/>
qtde	<input type="text"/>	obs	<input type="text"/>
localização	<input type="text"/>		
planta_localiz	<input type="text"/>		
fornecedor	<input type="text"/>		

Tabela: paredes

mslink	65	pint int	acrílica semi-brilho 1 a qlde
nome	P1	planta_localiz	A20
localização	bl U - planol-norte - te	fornecedor	Sulvinil
posição	parede	alterações	
dimensoes(m)	5,63x		
area(m2)	5,63	ultima_alter	
material	tij 6f (12x15x20)cm	obs	
arg_assentam	tr 1:2:8 (cim, cal, areia média)		
revest ext	ladrilho cerâm (linha B		
revest int	reboco 1:2:8 (cim, cal		
camadas sob revest	salpico 1:3(cim, ar gr)		
pint ext	-		

Tabela: pavim

mslink	1	alterações	
tipo_pavimento	n		
dimensoes			
sub-camadas		ultima_alter	
localização		obs	
planta_localiz			
fornecedor			

Tabela: previnc

mslink	1	alterações	
tipo	n		
marca			
modelo		ultima_alter	
qtde		obs	
localização			
planta_localiz			
fornecedor			

Tabela: projec

mmlink	<input type="text" value="1"/>
prancha	<input type="text" value="n"/>
nome	<input type="text"/>
classificacao	<input type="text"/>
localização	<input type="text"/>